

Räumliche Differenzierung des ÖPNV-Modalsplits zur Integration in die Standortbetrachtung für Ladeinfrastrukturen

Waldemar Brost, Teresa Funke, Michael Lembach

(Dipl.-Ing. Waldemar Brost, Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, RWTH Aachen University, brost@isb.rwth-aachen.de)
(Teresa Funke, M.Sc., Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, RWTH Aachen University, funke@isb.rwth-aachen.de)
(Michael Lembach, M.Sc., Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, RWTH Aachen University, lembach@isb.rwth-aachen.de)

1 EINLEITUNG

Eine Grundvoraussetzung für die Verbreitung der Elektromobilität ist der Zugang zu Ladeinfrastruktur (LIS). Neben der LIS im privaten Raum, wie sie derzeit 92 % der elektromobilen Verkehrsteilnehmer [Trommer et al. 2015] zur Verfügung haben, ist die im öffentlichen Raum positionierte LIS abgesehen von der öffentlichen Wahrnehmung vor allem für die Grundversorgung und als Lademöglichkeit für ungeplante Fälle von besonderer Bedeutung. Spätestens beim Eintritt in den Massenmarkt kann nicht mehr von dem derzeitigen hohen Anteil an privater LIS ausgegangen werden. Während der Potentialbestimmung der zu erwartenden LIS Nutzung innerhalb der Modellierungsmethodik STELLA ist es entscheidend, die Abschätzung der durch Personen entstehenden Fahrten nach der Verkehrserzeugung und Verkehrsverteilung möglichst zutreffend auf die verschiedenen Fahrmodi zu verteilen. Diese modale Aufteilung der Fahrten kann je nach räumlicher Lage sowie weiteren Begleitumständen, wie zum Beispiel unterschiedlichen Verkehrsmittelangeboten variieren. Durch spezifische Analysen des ÖPNV-Angebots lassen sich auf der einen Seite räumlich differenzierte ÖPNV-Anteile in das Modell STELLA integrieren, auf der anderen Seite sind auf Basis dieser Daten ebenfalls Aussagen zur Versorgungsqualität durch den ÖPNV ableitbar.

Keywords: Ladeinfrastruktur, Standortsuche, Verkehrsmodellierung, öffentlicher Verkehr, Elektromobilität

2 MODELLMETHODIK STELLA

2.1 Modellierungsansatz

In der Literatur existieren verschiedene Ansätze, die sich mit der Positionierung von LIS für elektrische Fahrzeuge auseinandersetzen. Diese betrachten entweder räumliche Kriterien einer einzelnen Stadt bzw. Region oder konzentrieren sich auf die Mobilität der Nutzer. Eine gleichzeitige Berücksichtigung der Fragen nach der Positionierung sowie der Quantifizierung der LIS je Standort wird in der Literatur nur in begrenztem Maße innerhalb einer theoretischen Umgebung durchgeführt. Anders ist es bei dem entwickelten Standortfindungsmodell für elektrische Ladeinfrastruktur (STELLA), welches an die Methoden und Datenstrukturen der klassischen Verkehrsmodellierung angelehnt ist.

In dem Modellansatz werden verschiedene Indikatorgruppen einerseits zur Beschreibung und andererseits zur räumlichen Verortung der täglichen Mobilität der Bevölkerung in einem spezialisierten, deutschlandweiten Verkehrsmodell zusammengestellt. Das Nutzerverhalten, die Verteilung von Fahrzeugen, die bereits existierende Ladeinfrastruktur sowie Raumstrukturen und die vorhandenen verkehrlichen Infrastrukturen bilden dabei die Grundlage für die weiteren Berechnungsschritte. Ebenso gibt es durch den modularen Aufbau des Modells die Möglichkeit weitere Rahmenbedingungen wie zum Beispiel unterschiedliche Prognosejahre oder politische Zielsetzungen zu integrieren.

Eine der Grundlagen für den Modellansatz STELLA bildet die Ermittlung des erzeugten Verkehrsaufkommens je kleinteiligem Wohnquartier [DDS 2014]. Ein kleinteiliges Wohnquartier wird in Abhängigkeit von der 8-stelligen Postleitzahlebene (PLZ8) gebildet. Die PLZ8 teilt Deutschland in rund 82.000 Wohnquartiere auf und stellt eine differenziertere Unterteilung der 5-stelligen Postleitzahlen in homogene Gebietseinheiten von durchschnittlich jeweils ca. 500 Haushalten [DDS 2014] dar. Als Basis der Ermittlung des erzeugten Verkehrsaufkommens gilt die Methode der FGSV [2010], welche allerdings unter anderem im Bereich des Modalsplits für den Modellansatz STELLA modifiziert wird. Innerhalb der FGSV Methode wird das Verkehrsaufkommen in einem ersten Schritt in Abhängigkeit der Baugebietstypen (Wohn-, Misch- und Gewerbegebiet) bestimmt. In einem weiteren Schritt wird dieses durch Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren zwischen den verschiedenen Verkehrsmodi mittels unterschiedlicher Modalsplitanteile aufgeteilt. Eine Übertragbarkeit dieses, für einzelne Gebiete (<50 ha) [FGSV 2010] individuell auslegbaren, Ansatzes auf eine bundesweite Betrachtung (durchschnittliche bebaute Gebietsgröße 29,3 ha) erfordert die Entwicklung und Integration zusätzlicher aus Daten analysierbarer und nicht

individuell interpretationsbedürftiger Indikatoren. Bei der Bestimmung des ÖPNV Anteils für jedes der rund 82.000 Wohnquartiere können unter Beachtung der großräumigen Raumstruktur zum Beispiel die Haltestellendichte und Charakteristika der ÖPNV-Angebotsqualität in Verbindung gesetzt zu örtlichen Verkehrsverflechtungen als Anhaltspunkte dienen. Die Ergebnisse des auf diese Weise modifizierten Verfahrens zur Ermittlung der Verkehrserzeugung inklusive der Verkehrsaufteilung auf die unterschiedlichen Modi fließen unmittelbar in das Modell STELLA ein.

2.2 Raumabgrenzung

Für die deutschlandweite räumliche Verortung des Potentials für elektrische LIS ist eine Abgrenzung und Charakterisierung des Raumes nötig, um unterschiedliche Voraussetzungen in der Raumstruktur zu berücksichtigen. Diese Raumabgrenzung ist auf unterschiedlichen Auflösungsebenen möglich, da je nach Ebene den einzelnen Gebieten verschiedene charakterisierende Attribute, zum Beispiel als Verknüpfung mit anderen Datenbanken, angefügt werden können. Die folgenden Abschnitte geben einen kurzen Überblick über die in STELLA verwendeten unterschiedlichen Raumabgrenzungen. Dabei wird auch die für die räumliche Differenzierung des ÖPNV-Anteils relevante Abgrenzung dargestellt.

Als eine großräumige Abgrenzung kann die administrative Gliederung in Deutschland anhand von beispielsweise Kreisen, Gemeindeverbänden, Gemeinden oder auch Postleitzahlen dienen [Destatis 2015]. Für die Untersuchung des Potentials für elektrische LIS ist die rein administrative Abgrenzung jedoch nicht ausreichend, da Attribute zur Struktur des Raumes fehlen. Daher wird eine Charakterisierung der Gemeinden anhand nichtadministrativer Merkmale wie Zentralität, Verdichtung oder Pendlerbeziehungen benötigt [Destatis 2015]. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) stellt entsprechende Gebietstypen, sogenannte „Stadt- und Gemeindetypen“ wie sie in Tabelle 1 dargestellt sind, zur Verfügung [BBSR 2018]. Diese differenzieren die Gemeinden anhand der Gemeindegröße bzw. Einwohnerzahl sowie der jeweiligen zentralörtlichen Funktion in Stadt- und Landgemeinde.

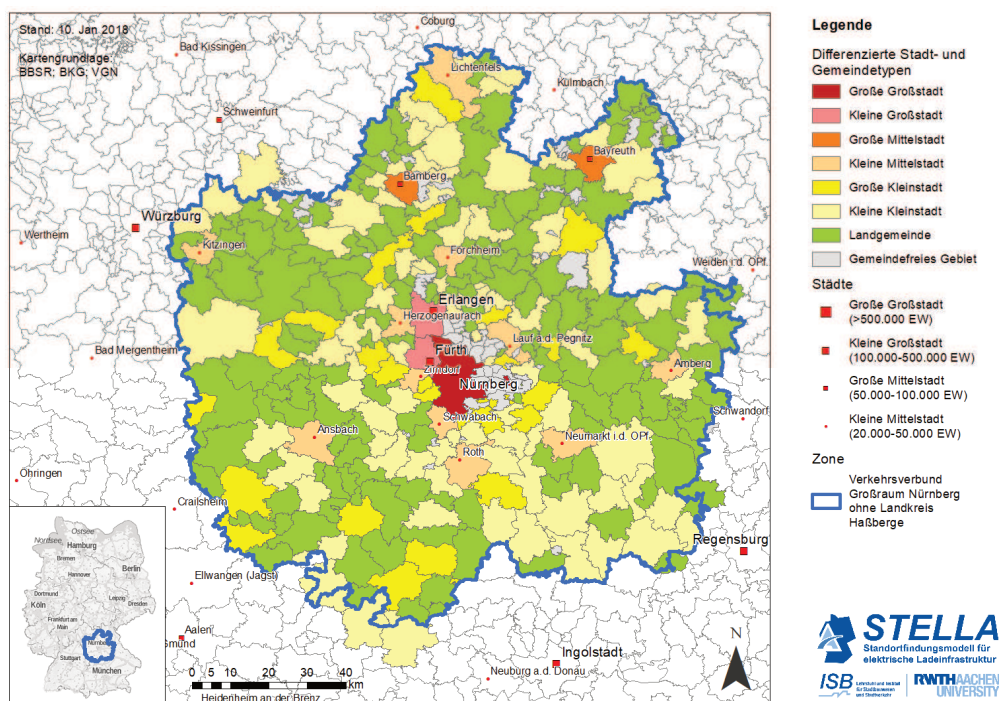


Abb. 1: Stadt- und Gemeindetypen im Gebiet des Verkehrsverbunds Großraum Nürnberg¹ (eigene Darstellung nach BBSR [2018], BKG [2018], VGN [2018])

Diese Einteilung liefert eine Grundlage für räumliche Analysen, kann jedoch nicht alle Eigenschaften abdecken [BBSR 2018]. Daher wird eine weitere Abgrenzung eingeführt, die die Charakterisierung der Gemeinden um die Typisierung in „Großstadtreionen“ auf Gemeindeverbandebene erweitert. Diese beinhaltet eine Unterscheidung zwischen dem Zentrum einer Großstadtreion, dem Ergänzungsgebiet sowie

¹ Stand Verbundgebiet 12/2017: Landkreis Haßberge aufgrund fehlender Daten nicht miteingeschlossen.

einem engeren und weiteren Pendlerverflechtungsraum, indem als Basis insbesondere Pendlerbewegungen von sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten zwischen ihrem Wohn- und Arbeitsort verwendet werden. Die Großstadtreionen entsprechen dabei der Gebietstypisierung der „Stadt-Land-Regionen“ [BBSR 2018].

Bezeichnung	Einwohnerzahl	Zentralörtliche Funktion
Großstadt	groß	> 500.000
	klein	100.000 bis 500.000
Mittelstadt	groß	50.000 bis 100.000
	klein	20.000 bis 50.000
Kleinstadt	groß	10.000 bis 20.000
	klein	5.000 bis 10.000
Landgemeinde	< 5.000	weniger als grundzentrale Funktion

Tab. 1: Differenzierte Stadt- und Gemeindetypen [BBSR 2018]

Insbesondere im Kontext der Bestimmung des ÖPNV-Modalsplits (siehe folgendes Kapitel 2.4) stellt das „Zentrale-Orte-Konzept“ (ZOK) [BBSR 2018] eine nächste, relevante Kategorisierung dar. Das ZOK ist ein normatives Konstrukt zur Zuordnung von Funktionen der Daseinsvorsorge an Städte und Gemeinden [Flex et al. 2016] und liefert somit Anhaltspunkte über die vorhandene oder geplante infrastrukturelle und institutionelle Ausstattung einer Region [BBSR 2018]. Im Allgemeinen werden dabei Oberzentren (Versorgung des spezialisierten höheren Bedarfs), Mittelzentren (Versorgung des gehobenen Bedarfs) sowie Unter-/Grund-/Kleinzentren (Versorgung des Grundbedarfs) unterschieden. Da die Zuordnung einzelner Regionen in die Kategorien Aufgabe der Landesplanung ist [BBSR 2018], existieren zwischen den Ländern Unterschiede in der definitorischen Auslegung und daher Unterschiede in der Zuordnung. Diese Einteilung wird unter anderem im weiteren Verlauf für die Abschätzung des ÖPNV-Modalsplits berücksichtigt, um die Verknüpfung zu anderen etablierten Betrachtungen und Analysemethoden herstellen zu können.

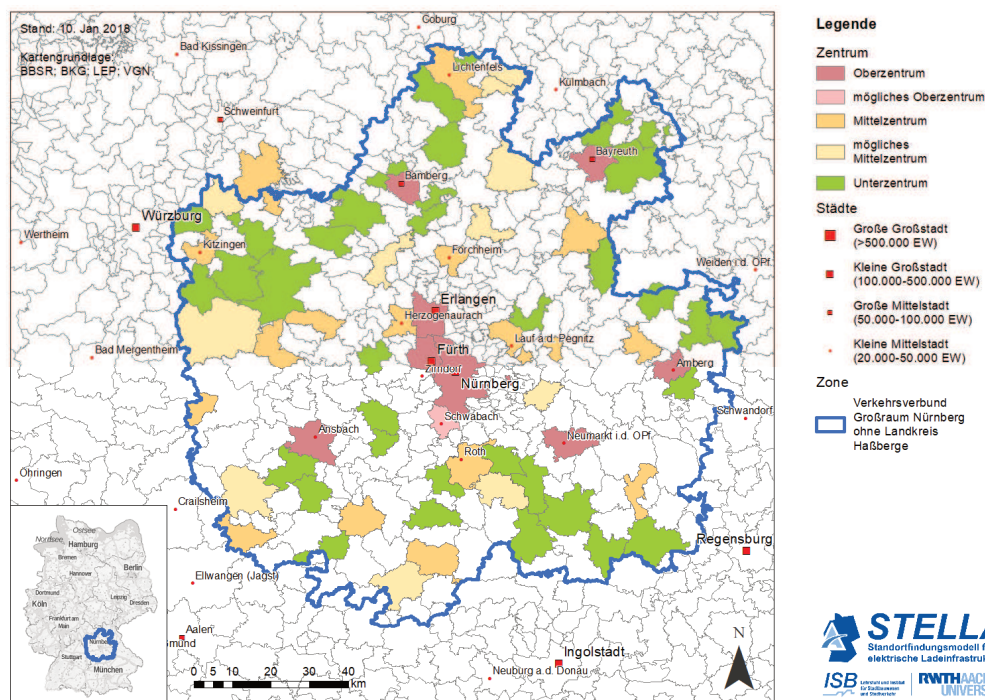


Abb. 2: Einteilung des Gebietes Verkehrsverbund Großraum Nürnberg² anhand des „Zentrale-Orte-Konzepts“ (eigene Darstellung nach BBSR [2018], BKG [2018], LEP [2018], VGN [2018])

Eine weitere räumlich detaillierte Abgrenzung stellt die Ebene der Wohnquartiere dar (siehe Kapitel 2.1), für die das Modell STELLA das Potential als LIS berechnet. Jedes dieser Wohnquartiere wird durch Verknüpfung der oben erläuterten großräumigeren Gebietstypisierungen mit den Siedlungs- und Gewerbeflächen, den Einwohner-, Haushalts- und Beschäftigtenanzahlen sowie der Gebäudeflächen in die

² Stand Verbundgebiet 12/2017: Landkreis Haßberge aufgrund fehlender Daten nicht miteingeschlossen.

Baugebietstypen Wohn-, Misch- und Gewerbegebiet eingeordnet. Als Datengrundlage werden sowohl Open Data Inhalte als auch Daten kommerzieller Anbieter herangezogen [BKG, BBSR, DDS, HERE, OSM].

Für diese abgeleiteten Baugebietstypen kann eine weitere Differenzierung bedingt durch die vorherrschende Gebäudetypologie in verschiedene Stadtraumtypen (EST) [HEGGER et. al. 2015] vorgenommen werden. Dabei wird unterschieden zwischen kleinen, freistehenden Einzelbauten, Reihen-, Zeilen-, Blockbebauungen, großmaßstäblichen Wohnungsbebauungen und Baustrukturen mit einem dörflichen Charakter. Diese Kategorisierung dient als Basis zur differenzierten Bestimmung der räumlichen Lage eines Wohnquartiers innerhalb des ZOK, an die wiederum die Unterscheidung der Erreichbarkeitskategorien für ÖPNV Haltestellen gemäß Tabelle 2 anknüpft.

2.3 Verkehrserzeugung

Die Verkehrserzeugung hat als Ziel, für jede betrachtete Einheit (hier Wohnquartier), eine ungerichtete Verkehrsnachfrage zu generieren. Es wird die Gesamtheit der quellseitig startenden und zielseitig ankommenden Fahrten für das gesamte Planungsgebiet (PG) (im Modell STELLA wird ganz Deutschland abgebildet) betrachtet. Zur Berechnung der Quell- und Zielverkehre der einzelnen Zellen des PG wurde ein differenzierter Strukturklassenansatz verwendet, dessen zentrale Eingangsgrößen verschiedene Strukturdaten (z. B. Einwohner und Betriebe, differenziert nach Wirtschaftsgruppen und Mitarbeiterklassen) darstellen. Das Verfahren ist dabei stark angelehnt an die durch die FGSV [2010] veröffentlichten Hinweise zur Schätzung des Verkehrsaufkommens.

2.4 Methodik zur Konkretisierung der Bestimmung des ÖPNV-Modalsplits

Entsprechend der Methode der FGSV [2010] wird nach dem Schritt der Abschätzung des Verkehrsaufkommens die Differenzierung zwischen den Verkehrsmittelgruppen nicht motorisierter Individualverkehr (NMIV), motorisierter Individualverkehr (MIV) und Öffentlicher Personenverkehr (ÖPNV) vorgenommen. Für die Abschätzung ÖPNV-Anteils werden in dem Verfahren verschiedene Werte genannt, die unter anderem abhängig von den verkehrserzeugenden Gruppen (Bewohner-, Besucher-Beschäftigtenverkehr), den Stadt- und Gemeindetypen, der (nicht) integrierten Lage der Standorte, Merkmalen des Verkehrssystems oder der Erreichbarkeit der Zugangspunkte sind. Allerdings weisen diese Werte zum Teil große Spannweiten auf („5%-30%“ [FGSV 2010, 3.3.8]), werden nicht differenziert vom NMIV betrachtet („ÖPNV/NMIV-Anteil 50%-90%“ [FGSV 2010, 3.5.20]) oder benutzen vage Begriffe zur Beschreibung des ÖPNV-Angebotes („attraktive ÖPNV-Bedienung“ [FGSV 2010, 3.5.20]), sodass die Abschätzung des ÖPNV-Anteils durch subjektive Einschätzungen beeinflusst werden kann. Durch die Analyse und Bestimmung verschiedener messbarer Indikatoren mit Einfluss auf den Anteil des ÖPNV-Aufkommens eines Wohnquartiers, kann die Abschätzung des ÖPNV-Anteils objektiviert und systematisiert werden. So ist es möglich bei der Betrachtung eines großen Untersuchungsraumes wie der Bundesrepublik Deutschland in der Methode STELLA einen Algorithmus zur Näherung an den räumlich differenzierten ÖPNV-Anteil zu entwickeln. Durch die Konkretisierung des ÖPNV-Anteils wird indirekt ebenfalls der IV-Anteil im Modell spezifiziert, welcher als Grundlage für die Ableitung der elektrischen Fahrten dient, die wiederum die Basis der Potentialermittlung für elektrische LIS darstellen.

Eine Literaturrecherche zeigt, dass sich bereits eine Vielzahl von Personen und Institutionen mit der Definition von Qualitätskriterien für den ÖPNV beschäftigen, die als Anhaltspunkte für die Auswahl und Definition von Indikatoren zur Entwicklung des Algorithmus herangezogen werden können. Nicht nur auf Nationaler, sondern auch auf europäischer Ebene wurde mit der DIN EN 13816 ein Instrument geschaffen, welches sich unter anderem mit der Beschreibung von Qualitätskriterien für den ÖPNV differenziert in acht Kategorien befasst. Allerdings werden dort lediglich mögliche Kriterien benannt, und keine Grenz- oder Richtwerte beigefügt. Dahingegen setzt sich zum Beispiel Schwarze [2005] in seiner Arbeit detailliert mit dem Begriff der Erreichbarkeit, verschiedenen Definitionen, Indikatoren und etwaigen Richtwerten für diese auseinander. So differenziert er, basierend auf einer Auswertung nordrhein-westfälischer Nahverkehrspläne, zum Beispiel zwischen planerischen Indikatoren und in der Praxis angewandten Erreichbarkeitsindikatoren.

Aus der Vielzahl von Qualitätskriterien für den ÖPNV, die sich in der Literaturrecherche gezeigt haben, wurde für die vorliegende Untersuchung der Fokus auf die Erreichbarkeit von Haltestellen im Raum gelegt. Die Bedeutung dieses Indikators im Kontext der Konkretisierung der Bestimmung des ÖPNV Modalsplits wird in den folgenden Abschnitten erläutert.

2.4.1 Qualitätskriterium Erreichbarkeit von Haltestellen

Der Indikator der Erreichbarkeit bzw. des Einzugsbereichs von Haltestellen dient als ein Hinweis auf die Erschließungsqualität des ÖPNVs. Für ihn lassen sich verschiedene Empfehlungen in der Literatur finden. Der VÖV [1981] differenziert in seinen Empfehlungen für einen angemessenen Bedienungsstandard im ÖPNV zwischen den Verkehrsmittelgruppen U-Bahn/S-Bahn/SPNV und Bus/Straßenbahn. Abhängig von einer Unterteilung des zentralörtlichen Systems in Unterkategorien hinsichtlich der räumlichen Lage bezogen auf den Kernbereich, werden Entfernungen zwischen 300 m und 1200 m als angemessen angesehen. In seinen gut zwanzig Jahre später veröffentlichten Empfehlungen für die zumutbare luftlinienbezogenen Einzugsbereiche unterscheidet der VDV [2001] die gleichen Verkehrsmittelgruppen, allerdings werden hierbei Entfernungen zwischen 300 m und 1000 m, abhängig der Nutzungsdichte innerhalb des ZOK, empfohlen. Die geringere Maximaldistanz deutet auf einen, innerhalb der Jahre gewachsenen, höheren geforderten Erschließungsstandard hin. Neben Empfehlungen auf Bundesebene hat auch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie [STMWI 2018] in seinen Leitlinien zur Nahverkehrsplanung in Bayern Angaben zu Einzugsbereichen von Haltestellen angegeben. In diesem Fall wird zwischen Richtwerten (zwischen 300 m und 1500 m) und oberen Grenzwerten (zwischen 400 m und 1800 m) je Verkehrsmittelgruppe unterschieden. Die FGSV [1999] weist eine etwas abweichende Herangehensweise an die ÖPNV-Zugänglichkeit in ihren Planungshilfen für die kommunale Bauleitplanung aus, was darauf zurückzuführen ist, dass keine Empfehlung, sondern ein Bewertungsschema für einzelne Standorte aufgezeigt wird. Daher werden verschiedene qualitative Abstufungen hinsichtlich der Distanz zu Haltestellen aufgeführt. In diesem Ansatz werden die Verkehrsmittelgruppen in Busverkehr und den Schienengebundenen Nahverkehr unterschieden.

In Anlehnung an diese vier Quellen wurden die in Tabelle 2 und 3 dargestellten Qualitätsstufen (QS) entwickelt. Die QS 1 orientiert sich an den Empfehlungen des VÖVs, dem VDV sowie den Richtwerten des Bayerischen Staatsministeriums, die sich nur in einzelnen Kategorien unterscheiden. Die Grundlage für die QS 2 bilden die Grenzwerte der Bayerischen Nahverkehrsplanung, wobei gleichzeitig die Grenzwerte der oberen drei Bewertungskategorien der FGSV Berücksichtigung fanden. Eine weitere, von Winter [2005] durchgeführte, Untersuchung von elf hessischen Nahverkehrsplänen hat hinsichtlich der Beurteilungswerte für Haltestellenzugangsbereiche ähnliche Größenordnung aufgewiesen, wie die anderen Quellen. Abweichungen treten in den hessischen Nahverkehrsplänen insbesondere bei den Erreichbarkeiten für S-/U-Bahn und dem SPNV auf, wobei dafür bereits in der Analyse in sich große Spannweiten auftreten.

Bezeichnung		Bus/Straßenbahn			S-/U-Bahn/SPNV		
		QS 1	QS 2	QS 3	QS 1	QS 2	QS 3
Oberzentrum	Kernzone	≤ 300	≤ 400	> 400	≤ 400	≤ 600	> 600
	Gebiet mit hoher Nutzungsdichte	≤ 400	≤ 500	> 500	≤ 600	≤ 800	> 800
	Gebiet mit geringer Nutzungsdichte	≤ 600	≤ 800	> 800	≤ 1000	≤ 1200	> 1200
Mittelzentrum	Kernzone	≤ 300	≤ 500	> 500	≤ 400	≤ 600	> 600
	Gebiet mit hoher Nutzungsdichte	≤ 400	≤ 800	> 800	≤ 600	≤ 800	> 800
	Gebiet mit geringer Nutzungsdichte	≤ 600	≤ 800	> 800	≤ 1000	≤ 1200	> 1200
Unter-/Kleinzentrum	Zentraler Bereich	≤ 400	≤ 500	> 500	≤ 600	≤ 800	> 800
	Übriges Gebiet	≤ 600	≤ 800	> 800	≤ 1000	≤ 1200	> 1200
Gemeinde		≤ 600	≤ 800	> 800	≤ 1000	≤ 1200	> 1200

Tab. 2: Qualitätsstufen Erreichbarkeiten (Luftlinie) ÖPNV Haltestellen (Einheit Meter) (eigene Darstellung in Anlehnung an FGSV [1999], STMWI [2018], VDV [2001], VÖV [1981])

Neben Empfehlungen für die Entfernungen zu Haltestellen, was sich meistens auf Luftliniendistanzen bezieht, gibt es in der Literatur auch Quellen, die ein Maximum für die Gehdistanz, also den tatsächlich zurückzulegenden Weg, festlegen. Sowohl H. Boesch [1989] als auch die UVEK [2011] nennen für die maximale Gehdistanz zu Bus- bzw. Straßenbahnhaltestellen 600 m und zu Bahnhofhaltestellen 1500 m. Da hierbei allerdings keine räumliche Differenzierung aufgeführt ist, kann die Annahme getroffen werden, dass

ähnlich wie in den anderen Quellen gewisse Schwankungen der empfohlenen Distanzen zwischen Kern- und Randzonen möglich sind. Auch diese Grenzwerte wurden bei der Definition der Qualitätsstufen berücksichtigt. Von einer deutlichen Überschreitung von bis zu 500 % Prozent, wie sie bei dem Bewertungsschema der FGSV [1999] vorliegt, wurde für die Entwicklung der QS abgesehen, da die realistische Nutzung solcher Haltestellen in 3 km Entfernung bzw. einem fußläufigen Zeitaufwand von ca. 51 Minuten in Frage gestellt wird. Die Umrechnung von der räumlichen Distanz zum dafür benötigten Zeitaufwand wird in diesem Fall mit der sowohl in den Empfehlungen des VÖV [1981] als auch des VDV [2001] zugrunde gelegten Durchschnittsgeschwindigkeit von 1,17 m/s (70 m/min) berechnet. Zwar können in der Literatur eine Vielzahl von Quellen mit Angaben über die Fußgängergeschwindigkeit gefunden werden, wie U. Weidmann bereits 1992 aufzeigte, jedoch weisen diese zum Teil starke Streuungen auf. Die von den Empfehlungen benutzte Geschwindigkeit liegt geringfügig unter der von Weidmann [1992] entwickelten Durchschnittsgeschwindigkeit von 1,34 m/s. Allerdings kann die Geschwindigkeit von Eigenschaften des Fussgängers, Begleitumständen der Bewegung sowie Charakteristiken der Anlagen [Weidmann 1992] beeinflusst werden. Für den benötigten Umwegefaktor zur pauschalen Umrechnung der Luftliniendistanz wird ebenfalls der von dem VDV verwendete Faktor von 1,2 genutzt, auch wenn hier ebenfalls Unterschiede zum Beispiel fahrtzweckabhängig [UVEK 2011] möglich sind. Eine Umrechnung der Qualitätsstufen in Fußwegedauer in Tabelle 3 zeigt, dass die in der Literatur empfohlenen 5 bis 10 Minuten zu Haltestellen unterschiedlicher Verkehrsmittel [Winter 2005] in der QS 1 überwiegend eingehalten wurden. Für die QS 2 ist dies ebenfalls teilweise für die Kernbereiche gültig. Ausnahmen bilden Randbereiche der Unterzentren sowie ländliche Gemeinden.

Bezeichnung		Bus/Straßenbahn			S-/U-Bahn/SPNV		
		QS 1	QS 2	QS 3	QS 1	QS 2	Q S3
Oberzentrum	Kernzone	≤ 5	≤ 7	> 7	≤ 7	≤ 10	> 10
	Gebiet mit hoher Nutzungsdichte	≤ 7	≤ 9	> 9	≤ 10	≤ 14	> 14
	Gebiet mit geringer Nutzungsdichte	≤ 10	≤ 14	> 14	≤ 17	≤ 21	> 21
Mittelzentrum	Kernzone	≤ 5	≤ 9	> 9	≤ 7	≤ 10	> 10
	Gebiet mit hoher Nutzungsdichte	≤ 7	≤ 14	> 14	≤ 10	≤ 14	> 14
	Gebiet mit geringer Nutzungsdichte	≤ 10	≤ 14	> 14	≤ 17	≤ 21	> 21
Unter-/Kleinzentrum	Zentraler Bereich	≤ 7	≤ 9	> 9	≤ 10	≤ 14	> 14
	Übriges Gebiet	≤ 10	≤ 14	> 14	≤ 17	≤ 21	> 21
Gemeinde		≤ 10	≤ 14	> 14	≤ 17	≤ 21	> 21

Tab. 3: Qualitätsstufen Erreichbarkeiten (Fußwegedauer) ÖPNV Haltestellen (Einheit Minuten) (eigene Darstellung in Anlehnung an FGSV [1999], STMWI [o.J.] VDV [2001], VÖV [1981])

Basierend auf den definierten Qualitätsstufen der Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen kann eine räumliche Analyse durchgeführt werden. Abhängig von dem Anteil der abgedeckten Siedlungsfläche je Qualitätsstufe kann dann der Modalsplitanteil des ÖPNVs im FGSV Verfahren zur Abschätzung des Verkehrsaufkommen beeinflusst werden. Die Erreichbarkeit stellt jedoch nur einen von vielen Indikatoren zur Beeinflussung des ÖPNV-Anteils dar und wird in späteren Schritten mit dem Einfluss anderer Indikatoren kombiniert.

2.4.2 Auswertung des Qualitätskriteriums der Erreichbarkeit für die Modellregion VGN

Als Modellregion für die ersten Analysen des ÖPNV-Angebots wurde das Verbundgebiet des Verkehrsverbundes Großraum Nürnberg (VGN)³ gewählt. Einerseits ist dies in der räumlichen Struktur und dem vorhandenen ÖPNV-Angebot begründet, andererseits stehen alle Informationen über Haltestellen und Fahrpläne zur freien Nutzung online zur Verfügung [VGN 2018]. Das Verbundgebiet des VGN weist alle unterschiedlichen Gebietstypen der Stadt- und Gemeindetypen, des ZOKs und der EST auf (siehe Kapitel 2.2) sowie ebenfalls die verschiedenen Verkehrsmittel Bus, Tram, S-/U-Bahn und Regionalbahn.

³ Stand Verbundgebiet 12/2017: Landkreis Haßberge aufgrund fehlender Daten nicht miteingeschlossen.

Der Indikator der Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen liegt in diesen Untersuchungen im Fokus. Die Qualität der Erreichbarkeit wird anhand des Anteils abgedeckter Siedlungsfläche an der Gesamtsiedlungsfläche je Stadtquartier bewertet. Entsprechend der in Tabelle 2 aufgeführten Kategorien wird dabei in einer vorgeschalteten Analyse jedem Wohnquartier eine Kategorie des ZOK zugeordnet, damit abhängig des Haltestellentypes (Bus/Straßenbahn bzw. S-/U-Bahn/SPNV) und der QS (1 & 2) die entsprechenden Erreichbarkeitsdistanzen zugeordnet werden können.

Die Analyse der Erreichbarkeit wird hinsichtlich zwei verschiedener methodischer Ansätze durchgeführt. Die erste Methode berücksichtigt die Distanzen als Erreichbarkeitsradien (Luftlinie), sodass um jede Haltestelle Kreise mit entsprechenden Radien gezogen werden. Anschließend werden für jedes Wohnquartier die auf den verschiedenen QS abgedeckten Siedlungsflächen in Relation zur gesamten Siedlungsfläche gesetzt. Diese Methode hat den Vorteil, dass sie einfach zu implementieren ist und ein homogenes Ergebnis liefert. Der Nachteil daran ist jedoch, dass die Radien Luftlinien abbilden und nicht zwangsläufig die durch Luftlinien abgedeckten Flächen auch entlang des vorhandenen Netzwerkes binnen der angesetzten Reichweiten zu erreichen sind. Auch die Berücksichtigung möglicher Umwegefaktoren kann nur pauschal angesetzt werden, allerdings weisen die örtlichen Straßen- und Wegenetzwerke deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Direktheit auf. Aus diesem Grund wurde zusätzlich als zweite Methode eine Erreichbarkeitsanalyse auf dem für Fußgänger benutzbaren Straßen- und Wegenetz [HERE 2017] durchgeführt. Hierbei werden die Haltestellen zunächst auf die räumlich nächste Straßenverbindung projiziert bevor die Erreichbarkeitsdistanzen auf dem Straßen- und Wegenetz geroutet werden. Auf diese Weise ist es möglich die tatsächlich erreichbaren Gebiete und somit die tatsächlich abgedeckte Siedlungsfläche zu bestimmen. Eine schematische Darstellung in Abbildung 3 verdeutlicht diese unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Methoden.

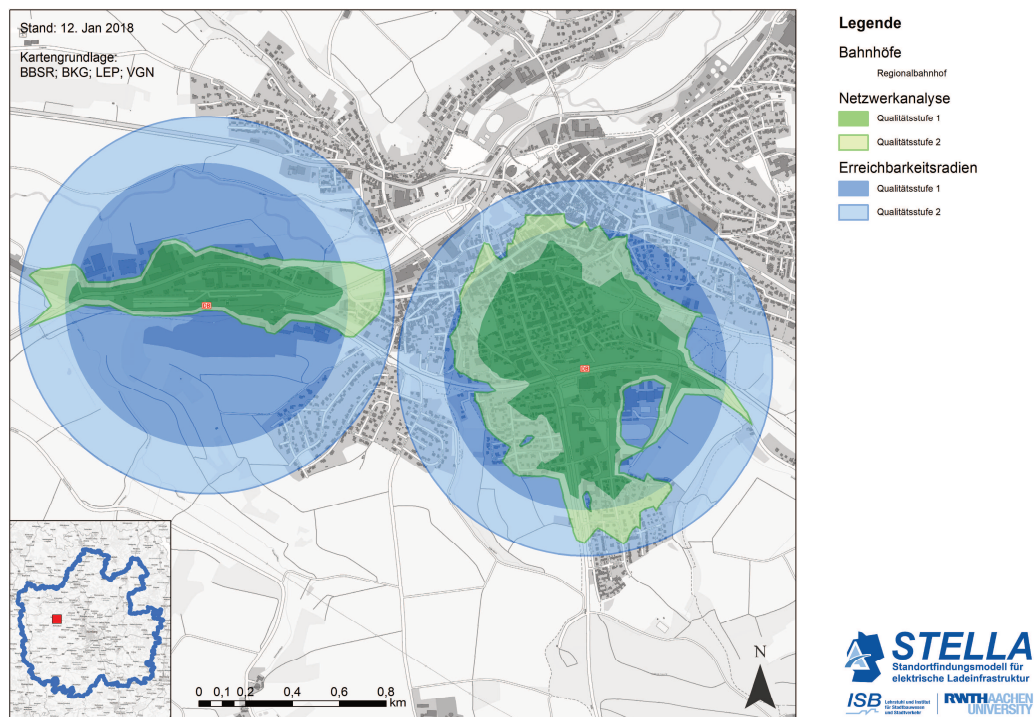


Abb. 3: Schematischer Vergleich der Erreichbarkeitsradien und Netzwerkanalyse [eigene Darstellung]

Die Auswertungen hinsichtlich der abgedeckten Siedlungsflächen je QS für beide Methoden werden in Tabelle 4 und 5 dargestellt. Entsprechend der Angaben des VDV [2001] sowie weiterer Quellen „[gilt] eine Fläche als erschlossen, wenn 80 % dieser Personen in den Einzugsbereichen von Haltestellen (...) wohnen oder dort arbeiten“. Vereinfacht wurde vorerst die Annahme aufgestellt, dass sich die Einwohner gleichmäßig auf die Fläche verteilen und diese somit als erschlossen gilt, wenn 80% der Siedlungsfläche abgedeckt ist. Die Analyse wurde vorerst exklusive der Wohnquartierstypisierungen Geschäfts-, Büro-, Verwaltungs- und Gewerbegebiet durchgeführt. Diese Typisierung Bedarf einer detaillierteren Betrachtung, da eine qualitative Bewertung über die Fläche nicht in jedem Fall sinnvoll ist. Bei großflächigen

Gewerbebetrieben muss nicht das gesamte Gebiet durch eine ÖV-Haltestelle erreichbar sein, sondern die relevanten Zugänge. Eine reine flächenbezogene Analyse würde die Ergebnisse daher negativ beeinflussen.

Bezeichnung		Anzahl Wohnquartiere*	Bus/Straßenbahn		S-/U-Bahn/SPNV	
			QS1	QS2	QS1	QS2
Oberzentrum	Kernzone	120	89 %	98 %	38 %	62 %
	Kernrandzone	425	93 %	98 %	47 %	62 %
	Außenzonen	370	96 %	99 %	30 %	41 %
Mittelzentrum	Kernzone	17	82 %	100 %	0 %	18 %
	Außenzone	25	92 %	100 %	28 %	44 %
	Ortsteile	344	91 %	94 %	15 %	24 %
Unter-/ Kleinzentrum	Zentraler Bereich	12	75 %	83 %	17 %	50 %
	Ortsteile	310	75 %	86 %	11 %	15 %
Ländliche Gemeinde		1052	81 %	89 %	14 %	18 %

* exklusive Geschäfts-, Büro-, Verwaltungs- und Gewerbegebieten

Tab. 4: Anteilige Abdeckung der Siedlungsfläche je Wohnquartier durch Erreichbarkeitsradien differenziert nach Qualitätsstufen und Verkehrsmittelgruppe im Bedienungsgebiet des VGN [eigene Darstellung]

Die Analyse der übrigen Wohnquartierstypen, exklusive der vorher genannten, mittels der Methode der Erreichbarkeitsradien zeigt deutlich, dass die Flächenabdeckung mit Haltestellen des Verkehrssystems Bus bzw. Straßenbahn innerhalb des VGN Bedienungsgebietes nahezu überall erfüllt ist. Die Erreichbarkeit von Haltestellen des schienengebundenen Nahverkehrs hingegen erfüllt in keiner der räumlichen Kategorien die vom VDV genannte Grenze zur Flächenabdeckung.

Bezeichnung		Anzahl Wohnquartiere*	Bus/Straßenbahn		S-/U-Bahn/SPNV	
			QS1	QS2	QS1	QS2
Oberzentrum	Kernzone	120	51 %	80 %	18 %	48 %
	Kernrandzone	425	69 %	84 %	30 %	48 %
	Außenzonen	370	70 %	86 %	16 %	24 %
Mittelzentrum	Kernzone	17	24 %	88 %	0 %	0 %
	Außenzone	25	64 %	92 %	20 %	28 %
	Ortsteile	344	58 %	81 %	6 %	13 %
Unter-/ Kleinzentrum	Zentraler Bereich	12	42 %	58 %	0 %	33 %
	Ortsteile	310	37 %	64 %	5 %	7 %
Ländliche Gemeinde		1052	37 %	69 %	7 %	12 %

* exklusive Geschäfts-, Büro-, Verwaltungs- und Gewerbegebieten

Tab. 5: Anteilige Abdeckung der Siedlungsfläche je Wohnquartier durch Netzwerkanalysen differenziert nach Qualitätsstufen und Verkehrsmittelgruppe im Bedienungsgebiet des VGN [eigene Darstellung]

Ein anderes Ergebnis zeigt sich dahingegen bei der Analyse der Wohnquartierstypen durch die zweite, netzwerkbezogene Methode. In diesem Fall ist auffällig, dass bezüglich der Erreichbarkeit von Bus- und Straßenbahnhaltestellen in keiner der räumlichen Kategorien die vollständige Flächenabdeckung nach VDV Definition in der QS 1 erreicht wird. Auch in der QS 2 wird der Grenzwert je ländlicher ein Gebiet wird weniger erreicht. Auch die Abdeckung der Siedlungsfläche durch Haltestellen des SPNV ist im Vergleich zur Analyse mit Erreichbarkeitsradien deutlich geringer bzw. zum Teil nicht mehr vorhanden.

Es bestätigt sich somit die im Vorfeld aufgestellte Hypothese, dass durch die Erreichbarkeitsradien eine größere Fläche abgedeckt wird als durch die Netzwerkanalyse. Die Differenz der Anteile der abgedeckten Fläche weist dabei Spannweiten zwischen 6 % bis hin zu knapp 60 % auf. Es fällt auf, dass die Differenz in der QS 2 jeweils kleiner ist als in der QS 1. Dies kann möglicherweise dadurch begründet werden, dass durch die höhere Distanz insgesamt ein größerer Anteil der Siedlungsfläche abgedeckt wird. Ebenso ist es aber auch möglich, dass sich die erreichbaren Gebiete durch die größere Fußwegedistanz häufig flächiger und „runder“ ausbilden als bei geringen Distanzen, da zum Beispiel Querverbindungen zwischen zwei von

der Haltestelle geradlinig wegführenden Achsen ebenfalls erreicht werden können und die Fläche somit abgedeckt wird. In der Abbildung 3 wird deutlich, dass die Zugänglichkeit der Gebiete von der Form der Straßen bzw. des Netzwerkes abhängt. Je nach Netzwerk bilden sich bei der Netzwerkanalyse die abgedeckten Flächen quasi „linear“ entlang einer Achse aus (Abbildung 3, linkes Beispiel) oder werden eher flächiger und „runder“ (Abbildung 3, rechtes Beispiel), und nähern sich so der Analyseergebnisse der Erreichbarkeitsradien an. Dieser Vergleich macht deutlich, dass die Wahl der Analyseverfahren für die Bewertung des ÖPNV-Angebotes von besonderer Bedeutung ist. Aufgrund des bundesweit zur Verfügung stehenden Netzwerkes inklusive der Berücksichtigung von besonderen Strecken für Fußgänger, werden die weiteren Analysen anhand von Netzwerkanalysen und somit mittels gerouteter Distanzen durchgeführt.

Diese Ergebnisse dienen als erste Indikatoren zur Beeinflussung des ÖPNV-Modalsplit-Anteils. Ist eine Erreichbarkeit in den Flächen nicht gegeben, ist der ÖPNV als Alternative zum Individualverkehr nur von untergeordneter Bedeutung. Ist die Flächenabdeckung jedoch gegeben, können weiterführende Analyse des Angebotes dazu führen, dass der ÖPNV eine höhere Bedeutung hat, was sich wiederum im Modalsplitanteil zeigt und somit in das FGSV Verfahren der Abschätzung des Verkehrsaufkommens einfließt. Weitere Indikatoren zur Beeinflussung des ÖPNV-Anteils befinden sich derzeit in Arbeit. Dazu zählen neben Kriterien der Verkehrserschließung und des Verkehrsangebots auch Eigenschaften der potentiellen Nutzergruppen, wie der soziodemographische oder sozioökonomische Status. Eine Überprüfung des erarbeiteten Einflusses auf den Modalsplit anhand von Erhebungen und Fahrgastzahlen bezüglich des tatsächlichen Fahrtenaufkommens im ÖPNV ist beabsichtigt.

3 MODELLERGEBNIS STELLA

Die dargestellten Analysen zur räumlichen Differenzierung des ÖPNV-Modalsplits fließen in die Berechnung des Verkehrsaufkommens des Modells STELLA ein. Das primäre gesamte Modellierungsergebnis dieses Ansatzes beschreibt für jedes Wohnquartier des gesamten Planungsgebietes „Deutschland“ das Potential der zu erwartenden Ladungen in Abhängigkeit von benötigter Ladeleistung und erwarteter Aufenthaltszeit. Dieses Ergebnis lässt sich auf einen modellintern-vergleichbaren Rang reduzieren und ordnen. Eine derzeit in Entwicklung befindliche iterative Berechnung kann die Reihenfolge und die benötigten Mengen an Ladeinfrastruktur im Planungsgebiet „Deutschland“ bestimmen. Die Iteration kann dabei durch variable Abbruchkriterien zur Flächendeckung und dem Bedarf beschränkt werden.

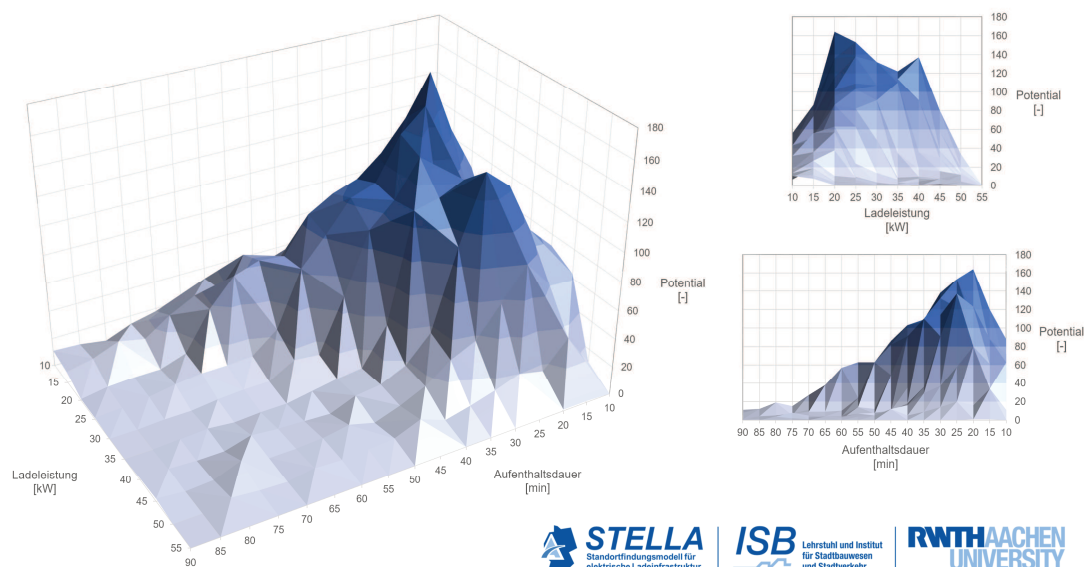


Abb. 4: Darstellung des Ladebedarfprofils eines Wohnquartiers [eigene Darstellung]

Das so geschaffene Standortfindungsmodell STELLA bildet ein Werkzeug mit breiter Anwendung bei den Planungsschritten der Verortung, Ausplanung und Bewertung einzelner zukünftiger oder bestehender Standorte oder Standortsystemen für Ladeinfrastruktur auf der Ebene der Wohnquartiere. Als Haupt-Zielgruppe für die Bedienung und Interpretation des Modellergebnisses sowie für eine gezielte Nutzung der breiten Palette an Indikatoren und deren Parametrisierung sind insbesondere Fachplaner im Fokus. Durch

Workshops und bei Bedarf noch zu erstellenden erweiterten Dokumentationen, ergänzt durch Interpretationsbeispiele, kann auch ein größerer Personenkreis das Werkzeug für die Planung anwenden.

4 LITERATURVERZEICHNIS

- STMWI 2018: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (STMWI). Online verfügbar unter http://www.demografie-leitfaden-bayern.de/fileadmin/user_upload/demografie-leitfaden/dokumente/LEITLINIE98.pdf (abgerufen am 04.01.2018)
- BBSR 2018: Raumabgrenzungen. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), online verfügbar unter http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/raumabgrenzungen_node.html (abgerufen am 02.01.2018).
- BKG 2018: Open Data – Freie Daten und Dienste des BKG. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (Hrsg.), online verfügbar unter <http://www.geodatenzentrum.de/geodaten> (abgerufen am 02.01.2018).
- Boesch, H., 1989: Der Fussgänger als Passagier – Zugänge zu Haltestellen und Bahnhöfen. Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung (ORL), ETH Zürich. ORL-Bericht 73/1989. Vdf-Verlag. Zürich.
- DESTATIS 2015: GV-ISys – Verzeichnis der Gebietseinheiten. Definitionen und Beschreibungen. Statistisches Bundesamt (Hrsg.).
- DIN EN 13816: Transport-Logistik und Dienstleistungen. Öffentlicher Personenverkehr. Definition, Festlegung von Leistungszielen und Messung der Servicequalität. Deutsche Fassung EN 13816. 2002.
- DDS 2014: Datenbeschreibung. PLZ8 Deutschland Grenzen, PLZ8 Deutschland XXL. Digital Services GmbH. Karlsruhe. 2014.
- FGSV 1999: ÖPNV und Siedlungsentwicklung – Planungshilfe für die kommunale Bauleitplanung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV). Ausgabe 1999. Köln.
- FGSV 2010: Hinweise zur Schätzung des Verkehrsaufkommens von Gebietstypen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV). Ausgabe 2006. Korrektur 2010. Köln. FGSV 147. ISBN 3-939715-06-9.
- Flex, Florian; Greiving, Stefan; Milstein, Alexander; van Gemmeren, Christoph; David, Carl-Heinz, 2016: Steuerungswirkung und Handlungsfelder eines modernisierten Zentrale-Orte-Konzepts. Arbeitsberichte des ARL, Hannover.
- Hegger, M., Dettmar, J., Meinberg, T., Drebes, C., Schulze, J., Sieber, S., Sylla, O., 2015: EnEff:Stadt – UrbanReNet Phase 2: Weiterführung und inhaltliche Vertiefung des Forschungsprojektes UrbanReNet – Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum. Schlussbericht. Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, FB Architektur, Fachgebiet Entwerfen und Freiraumplanung, FB Architektur, TU Darmstadt. Förderkennzeichen 0327832E. Gefördert durch Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Darmstadt
- HERE 2017: Datensatz Deutschland, HERE International B.V. (HERE)
- LEP o.J.: Anhang 2 – Zentrale Orte und Siedlungsschwerpunkte. Online verfügbar unter: https://www.landesentwicklung-bayern.de/fileadmin/user_upload/landesentwicklung/Dokumente_und_Cover/Instrumente/s067.pdf (abgerufen am 10.01.2018)
- OSM 2017: Datensatz Openstreetmap. FOSSGIS e.V.
- Trommer, S., Jarass, J., & Kolarova, V., 2015: Early adopters of electric vehicles in Germany unveiled. In Proceeding of the 18th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition.
- Schwarze, B., 2005: Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung. Arbeitspapier 184. Institut für Raumplanung, Fakultät Raumplanung, Universität Dortmund. Dortmund.
- UVEK 2011: Grundlagen für den Fussverkehr. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Forschungsauftrag VSS 2000/368. Bundesamt für Strassen. Zürich.
- VDV 2001: Verkehrserschließung und Verkehrsangebot im ÖPNV. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). VDV-Schrift 4. Ausgabe 06/2001. Köln.
- VÖV 1981: Empfehlungen für einen Bedienungsstandard im öffentlichen Personenverkehr. Verband Öffentlicher Verkehr (VÖV). VÖV-Schriften 1.41.1. Verband Öffentlicher Verkehr, Köln.
- VGN 2018: Verkehrsverbund Großraum Nürnberg (VGN). Internetpräsenz. Online verfügbar unter: <http://www.vgn.de> (abgerufen 04.01.2018)
- Weidmann, U., 1992: Transporttechnik der Fussgänger – Transporttechnische Eigenschaft des Fußgängerverkehrs, Literatúrauswertung. Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau (IVT). ETH Zürich. Schriftenreihe des IVT Nr. 90. 1992. Zürich. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-000687810>
- Winter, O. M., 2005: Analyse und Evaluation von Nahverkehrsplänen und die Aufstellung von Kriterien zur Bewertung von Standardds im ÖPNV. Institut für Verkehrswesen Universität Kassel (Hrsg.). Schriftenreihe Verkehr. Heft 16. Juli 2005. Kassel. ISBN 3-89958-153-9.