



Verfügbarkeit von Infrastruktureinrichtungen in Deutschland – Infrastrukturatlas zu Fahrzeiten und lokalen Knappheiten

Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Inhaltsverzeichnis

1. Management Summary	7
2. Einleitung	9
3. Daten und Methodik	11
3.1. Erreichbarkeit und Knappheit	11
3.2. Vergleich zu anderen „Atlas“-Projekten	11
3.3. Basisdatensätze	12
3.4. Berechnung der Erreichbarkeit und Knappheit	13
3.5. Auswertung	18
4. Querschnittsbetrachtung der Infrastrukturbereiche	23
4.1. Erreichbarkeit	23
4.2. Auslastung	28
4.3. Korrelation	31
5. Detailanalyse	32
5.1. Gesundheit	32
5.2. Bildung & Erziehung	37
5.3. Berufliche Bildung	41
5.4. Sicherheit	44
5.5. Kultur und Freizeit	49
5.6. Verwaltungs- und Dienstleistungszentren	51
5.7. Verkehrsknotenpunkte	58
6. Schlussfolgerungen	63
6.1. Zusammenfassung	63
6.2. Infrastruktur- und Breitbandverfügbarkeit	63
6.3. Ausblick	65
7. Anhang	67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizze des Projektansatzes	7
Abbildung 2: Projektziele.....	9
Abbildung 3: Projektkonstellation	10
Abbildung 4: Überblick Datengrundlagen	13
Abbildung 5: Überblick der Methodik	14
Abbildung 6: Breitensuche.....	14
Abbildung 7: Verteilung der verschiedenen Zentrumstypen – Metropolen, Oberzentren, Mittelzentren und Grundzentren (von links nach rechts).....	17
Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung einer Verteilungskurve	18
Abbildung 9: Ausreißer bei der Auslastung.....	19
Abbildung 10: Einteilung der Kommunen in die Gruppen	21
Abbildung 11: Beispiel für ein 9-Quadranten-Schema	21
Abbildung 12: Beispielkarte für Gemeinden mit günstiger und ungünstiger Kombination von Erreichbarkeit und Auslastung.....	22
Abbildung 13: Räumliche Verteilung der Gemeinden mit geringerer (gelb) und höherer (lila) Einwohnerzahl....	23
Abbildung 14: Quantilgrenzen für die Erreichbarkeit (mit dem schnellstem Modus)	24
Abbildung 15: Quantilgrenzen für die Erreichbarkeit einzelner Zielinfrastrukturen differenziert nach Modi	25
Abbildung 16: Aufteilung der drei Erreichbarkeitsklassen für die räumliche Prägung der Gemeinden nach Einwohnerzahl.....	27
Abbildung 17: Quantilgrenzen für die Auslastung mittels schnellstem Modus	28
Abbildung 18: Aufteilung der drei Auslastungsklassen für die räumliche Prägung der Gemeinden nach Einwohnerzahl.....	30
Abbildung 19: Übersicht über die Korrelationskoeffizienten sortiert nach den Infrastrukturbereichen.....	31
Abbildung 20: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Krankenhäusern (a), Hausärzteschaften (b), Zahnärzteschaften (c) und Humanmediziner (d)	32
Abbildung 21: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Krankenhäusern (a), Hausarztpraxen (b), Zahnarztpraxen (c) und humanmedizinischen Praxen (d)	34
Abbildung 22: Histogramm der Nachfrage von Krankenhäusern (a), Hausarzt/innen (b), Zahnarzt/innen (c) und Humanmediziner/innen (d).....	35
Abbildung 23: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Krankenhäusern (a), Hausarzt/innen (b), Zahnarzt/innen (c) und Humanmediziner/innen (d)	36
Abbildung 24: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Krankenhäusern (a), Hausarzt/innen (b), Zahnarzt/innen (c) und Humanmediziner/innen (d)	37
Abbildung 25: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c).....	37
Abbildung 26: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c).....	38
Abbildung 27: Histogramm der Nachfrage von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c).....	39
Abbildung 28: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c)	40
Abbildung 29: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c).....	41
Abbildung 30: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Universitäten / Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)	42
Abbildung 31: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Universitäten / Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)	42
Abbildung 32: Histogramm der Nachfrage von Universitäten / Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)	43
Abbildung 33: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Universitäten inklusive Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)	43
Abbildung 34: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Universitäten inklusive Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)	44

Abbildung 35: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizei- (b) und Landespolizeistellen (c).....	45
Abbildung 36: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c).....	46
Abbildung 37: Histogramm der Nachfrage von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c).....	46
Abbildung 38: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c).....	47
Abbildung 39: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c).....	48
Abbildung 40: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Schwimmbad (a) und Museen (b).....	49
Abbildung 41: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Schwimmbad (a) und Museen (b).....	49
Abbildung 42: Histogramm der Nachfrage von Schwimmbad (a) und Museen (b).....	50
Abbildung 43: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen Schwimmbad (a) und Museen (b).....	50
Abbildung 44: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Schwimmbad (a) und Museen (b).....	51
Abbildung 45: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e).....	52
Abbildung 46: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e).....	53
Abbildung 47: Histogramm der Nachfrage von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e).....	54
Abbildung 48: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e).....	56
Abbildung 49: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e).....	58
Abbildung 50: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c).....	58
Abbildung 51: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c).....	59
Abbildung 52: Histogramm der Nachfrage von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c).....	60
Abbildung 53: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c).....	61
Abbildung 54: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c).....	62
Abbildung 55: Breitbandverfügbarkeit in Deutschland nach Bandbreitenklassen für alle Technologien (Quelle Breitbandatlas des BMVI – Stand Ende 2019).....	64
Abbildung 56: Breitbandverfügbarkeit in Deutschland nach Bandbreitenklassen und Gemeindeprägung für alle Technologien (Quelle Breitbandatlas des BMVI – Stand Ende 2019).....	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Datenquellen.....	15
--------------------------------------------	----

Abkürzungsverzeichnis

Basis-DLM	Digitales Basis-Landschaftsmodell
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BKG	Bundesamts für Kartographie und Geodäsie
BMI	Bundesministerium für Inneres
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
HAFAS	HaCon Fahrplan-Auskunfts-System
INKAR	Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung
LOD	Level of Detail
OSM	OpenStreetMap
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
POI	Points of Interest
UrMoAC	Urban Mobility Accessibility Calculator

1. Management Summary

Schnelle Erreichbarkeit und ausreichende Kapazität von öffentlicher Infrastruktur haben einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensqualität in Deutschland. Eine möglichst genaue und umfassende Kenntnis über diese beiden Faktoren ist daher essenziell, um die Grundlagen für eine möglichst effiziente Bedarfsabdeckung in allen Regionen zu schaffen. Hierzu bedarf es einer detaillierten räumlichen Datenbasis, die sich aus Quellen (den Wohnorten der Einwohner/innen), Netzen (Verkehrswege & ÖPNV-Netze) sowie den betrachteten Infrastrukturen zusammensetzt und auf deren Basis Erreichbarkeit und Auslastung berechnet werden können.

Ziel dieses Projekts ist es, unter Beachtung bestehender Ansätze und Daten diese Datenbasis zu schaffen. Im Rahmen des Projektes werden 22 Infrastrukturtypen aus den Bereichen Verwaltungs- und Dienstleistungszentren, Verkehrsknotenpunkte, Bildung und Erziehung, Gesundheit, Kultur und Freizeit sowie Sicherheit untersucht. Hierbei besteht die technische Schwierigkeit in der Bearbeitung sehr großen Datenmengen, die durch den hohen Detailgrad der Analysen entstehen. Dieser wird im Projekt durch exaktes Routing von einer geobasierten Quelladresse zu einer Zieladresse in einer Erreichbarkeitsanalyse erzielt. Das Routing zwischen Quelle und Ziel erfolgt für die Verkehrsmodi Auto (sowohl mit als auch ohne Verkehrsaufkommen), Fußweg, Fahrrad und ÖPNV. Bei einer Ausgangsbasis von ca. 22 Mio. Adressen, 22 Infrastrukturtypen und 5 Verkehrsmodi ergeben sich bereits über 2 Milliarden Quelle-Ziel-Relationen, die auf einem detaillierten Straßen- und ÖPNV-Netz gerechnet werden. Hinzu kommen die Vielzahl an temporär gerechneten Relationen, d.h. unterschiedliche Routingoptionen zum Ziel, um die jeweils schnellste Möglichkeit ermitteln zu können. Um diese Herausforderungen meistern zu können, werden speziell optimierte Berechnungsalgorithmen sowie eine flexible und leistungsfähige IT-Infrastruktur, z.B. unter Nutzung des Cloud-Computings, verwendet.



Abbildung 1: Skizze des Projektansatzes

Auf Basis der berechneten Daten werden mit diesem Bericht erste Ergebnisse der statistischen Analyse präsentiert. Der Fokus dieser Auswertungen wurde bewusst auf eine vergleichende Analyse basierend auf statistisch ermittelten, relativen Schwellenwerten gelegt. Hierdurch werden schnell Muster sichtbar und erste Hypothesen können aufgestellt werden. Neben dem Vergleich von Klassengrenzen der Erreichbarkeit (relativ schnell/mittel/langsam) und Auslastung bzw. Nachfrage (relativ gering/mittel/hoch) stehen Verteilungskurven für verschiedene Verkehrsmodi und Karten zur Analyse der räumlichen Verteilung im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Ein zweiter, nicht weniger wichtiger Aspekt der Ergebnispräsentation ist das Aufzeigen des Potenzials der Daten. Im Rahmen des Projektes wurde großer Wert auf Standardisierung und Reproduzierbarkeit der Daten und

Ergebnisse gelegt. Ziel eines solchen Projektes kann nicht sein, mit einem Mal die Infrastruktursituation in Deutschland in Gänze, vollständig und fehlerfrei abzubilden. Vielmehr werden erste umfangreiche, möglichst belastbare Daten generiert, die im Anschluss – ggf. in Zusammenarbeit mit weiteren staatlichen Ebenen und der Forschungsgemeinschaft – weitergehend analysiert, punktuell verfeinert und auch fortgeschrieben werden können. Dies könnte flächendeckend für Deutschland oder auch in einzelnen Fallstudien erfolgen. Durch die Vielzahl an berechneten Informationen lassen sich auch Themenschwerpunkte wie Nachhaltigkeit, die Verkehrswende oder die Digitalisierung adressieren. Letztere hat das Potenzial, die physische Erreichbarkeit zumindest in Teilen zu ergänzen oder stellenweise sogar zu substituieren. Grundlegende Voraussetzung hierfür ist die flächendeckende Verfügbarkeit der entsprechenden Telekommunikationsnetze.

2. Einleitung

Seit mehreren Jahren wird in Deutschland lebhaft über den Zustand öffentlicher Infrastruktur und einer flächendeckenden Versorgung mit öffentlicher Infrastruktur diskutiert. Eine der zentralen Schwierigkeiten besteht darin, dass bislang ein hinreichend aussagekräftiger quantitativer Überblick über die Infrastrukturausstattung über die föderalen Ebenen und alle relevanten Bereiche öffentlicher Infrastruktur (z.B. aus dem Bildungs- oder Gesundheitssystem) in Deutschland fehlt. Ziel des Projektes ist es, einen räumlich möglichst fein differenzierten Datensatz auf Basis einer einheitlichen Methodik zu entwickeln. Anhand eines solchen Datensatzes kann über alle Adressen in Deutschland und alle hier verwendeten Zielinfrastrukturen eine quantitative Aussage über die Erreichbarkeit und die potentielle Auslastung gemacht werden. In einem ersten Schritt werden in diesem Bericht mit Hilfe einfacher statistischer und kartographischer Auswertungen Besonderheiten und Regelmäßigkeiten der Infrastrukturverfügbarkeit in ganz Deutschland herausgearbeitet und damit erste Anknüpfungspunkte und Fragestellungen aufgezeigt. Aufbauend auf diesen Analysen und Daten sollen im Weiteren Untersuchungen ermöglicht werden, die den Bestand und Zugang zu Infrastrukturen in Deutschland vergleichen und Investitionsbedarfe abschätzen können, um beispielsweise die knappen öffentlichen Mittel zielgerichtet einsetzen zu können.

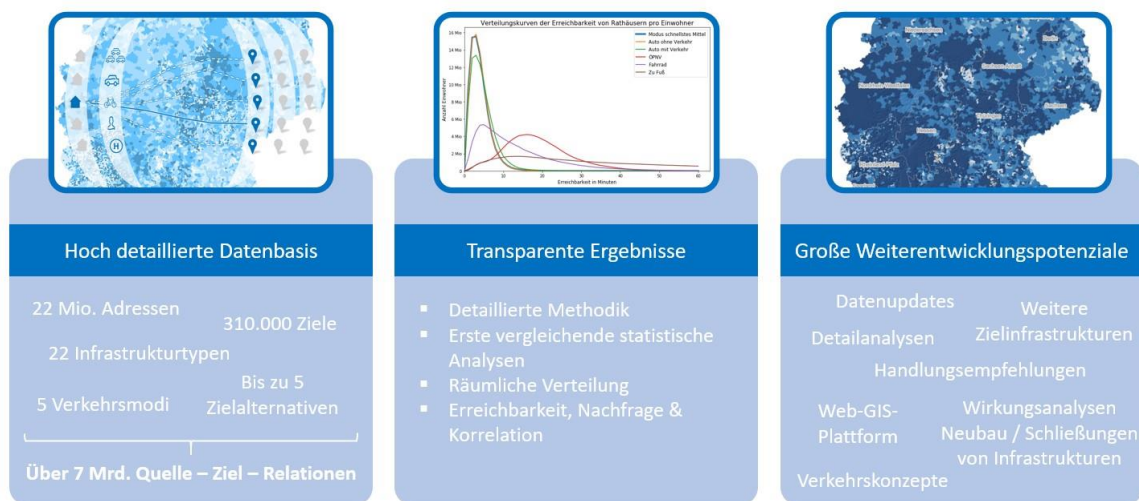


Abbildung 2: Projektziele

Kapitel 3 beschreibt die Datenaufbereitung. Für jede der ca. 22 Mio. Wohnadressen in Deutschland wird die Erreichbarkeit der nächsten Infrastruktureinrichtung mit unterschiedlichen Fortbewegungsmitteln (Fahrzeit mit Auto sowohl mit als auch ohne Verkehr, Wegezeit zu Fuß, mit Fahrrad und öffentlichen Personennahverkehr – ÖPNV) und die potenzielle Inanspruchnahme der Infrastruktureinrichtung durch weitere Nachfrager berechnet. Dazu werden neben reinen Standortdaten auch Bevölkerungszahlen auf sehr kleinteiligen Raumeinheiten (100 Meter x 100 Meter Rasterzelle) verwendet. Wo echte Kapazitätsdaten zu den Infrastruktureinrichtungen vorliegen, wie z.B. Krankenhausbetten, Kindergartenplätze und Anzahl der Schulklassen, werden aus der Relation der potenziellen Nachfrager zur Kapazität der Einrichtung voraussichtliche Auslastungsgrade berechnet. Die nutzerbezogene Verfügbarkeit von Infrastruktur in Deutschland wird in den Daten durch die beiden Dimensionen Erreichbarkeit und potenzielle Nachfrage bzw. Auslastungsgrad abgebildet und auf eine mögliche Korrelation untersucht. Betrachtet werden insgesamt 22 unterschiedliche Infrastrukturen aus den Bereichen Verwaltung und Zentren, Verkehrsknotenpunkte, Bildung, berufliche Bildung, Gesundheit, Sicherheit sowie Freizeit.

In **Kapitel 4** werden die Ergebnisse der Berechnungen in einer Querschnittsanalyse über alle Infrastrukturziele miteinander verglichen. Dazu werden im Wesentlichen die Verteilungen von Erreichbarkeiten und Knappheiten über alle Adressen in Deutschland und Quartil-Kategorien schnell/mittel/langsam bzw. gering/mittel/hoch herangezogen. Zusätzlich wird überprüft, ob es über die Adressen hinweg eine Korrelation zwischen Erreichbarkeit und Knappheit gibt. Die Verfügbarkeitsindikatoren werden für Deutschland zudem vergleichend für kleine und große Gemeinden analysiert, um die Unterschiede zwischen stärker und schwächer besiedelten Gebieten herauszuarbeiten. Ziel ist es, Muster bzw. Besonderheiten im Bundesgebiet aufzudecken und über die verschiedenen Infrastrukturen zu vergleichen.

Kapitel 5 umfasst die Ergebnisse der Detailanalyse für jede Infrastruktureinrichtung. Dabei wird mittels statistischer und kartographischer Analysen auf die Besonderheiten der einzeln betrachteten Einheiten eingegangen und mit den anderen Infrastrukturzielen aus dem gleichen Infrastrukturbereich (z.B. Bildung, Gesundheit) verglichen. Die Darstellung wird durch einen umfangreichen Anhang ergänzt, der für jede der 22 Infrastruktureinrichtungen einen sogenannten Steckbrief mit allen in der Studie verwendeten Auswertungen enthält.

Kapitel 6 diskutiert abschließend die weiteren Anwendungs- und Entwicklungsmöglichkeiten des Datensatzes.

Das Projektteam zur Umsetzung bestand dabei aus drei Unternehmen aus unterschiedlichen Bereichen: TÜV Rheinland als unabhängiger Prüfdienstleister, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als wissenschaftliches Institut sowie HaCon als Branchenführer im Bereich von Fahrplanauskunftssystem. Die Aufgabenverteilung ist in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 3: Projektkonstellation

3. Daten und Methodik

3.1. Erreichbarkeit und Knappheit

Unter Erreichbarkeit wird in der Literatur die Leichtigkeit verstanden, mit der Menschen räumliche Ziele erreichen¹ oder am ökonomischen und sozialen Leben teilhaben können.² In der Wissenschaft wird unter dem Begriff Erreichbarkeit also nicht nur die Verkehrsinfrastruktur bzw. das Transportsystem betrachtet, sondern auch die Umgebung des Quellorts und damit mögliche Aktivitätsziele, z.B. Museen oder Schwimmbäder. Dies unterscheidet Erreichbarkeit gegenüber dem Begriff Mobilität. Erreichbarkeit ist also kein eindimensionales Konzept, sondern umfasst eine Reihe von Indikatoren. Erreichbarkeit wird in dieser Studie als Reisezeit definiert, die benötigt wird, um von der Quelle (dem Haushalt) zum Zielort zu gelangen. Um dies zu quantifizieren, wird auf Basis unterschiedlicher Verkehrsmittel ein Routing von allen Einzeladressen in Deutschland zu einer Auswahl von Interessensorten des öffentlichen Lebens (N-N Routing) durchgeführt.

Eine schnelle Erreichbarkeit aller Orte des alltäglichen Lebens stellt allein noch keine gute Versorgungslage der Nutzer/innen sicher. Es muss auch möglich sein, die am Zielort gewünschte Aktivität durchführen zu können. Es müssen freie Kapazitäten vorhanden sein. Daher soll in diesem Projekt neben der Erreichbarkeit auch festgestellt werden, wie hoch die Nachfrage an den nächstliegenden Infrastrukturen ist. Es soll auch die Auslastung der Zielinfrastruktur – wenn möglich bzw. sinnvoll – bestimmt werden. Die Auslastung a_i einer Infrastruktur i (z.B. Musterschule in der Maierstraße) ergibt sich aus dem Verhältnis des infrastrukturenspezifischen Kapazitätsindikators c_i , also beispielsweise der Anzahl verfügbarer Plätze an dieser Schule, sowie der Einwohnerzahl in der entsprechenden Bezugsgruppe b_i (z.B. Schüler/innen), für welche diese Schule die am schnellsten zur erreichende Infrastruktur darstellt (Nachfrage):

$$(1) \quad a_i = \frac{b_i}{c_i}$$

So kann es beispielsweise sein, dass im urbanen Raum die räumliche bzw. zeitliche Wegedistanz zur nächstgelegenen Schule geringer ist als auf dem Land, diese Schule aber aufgrund der höheren Bevölkerungsdichte sehr stark nachgefragt wird, was die Versorgungssituation der Nutzer/innen verschlechtert.

3.2. Vergleich zu anderen „Atlas“-Projekten

In Deutschland sind bereits einige vergleichbare Projekte mit dem Ziel, Erreichbarkeiten und Verfügbarkeiten von Infrastrukturen festzustellen und kartografisch aufzubereiten, durchgeführt worden.

Der Deutschlandatlas des Bundesministeriums für Inneres (BMI) wurde in Kooperation mit dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und dem Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend erstellt. Als Ergebnis bietet er 56 Karten zur Lebenssituation in den Regionen, die gemeinsam mit dem Thünen-Institut und dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) erstellt wurden. Die Karten decken umfassende Themenfelder wie Raum-, Einkommens- und Bevölkerungsstrukturen, Wohnen, Internetanbindung, Bildung, Gesundheit, Arbeit, Sicherheit und Mobilität ab. Innerhalb des Deutschlandatlas wurden Erreichbarkeitsmaße in den Bereichen Gesundheit (Hausärztliche Praxen, Krankenhäuser, Apotheken), Bildung, Sicherheit und Orte des täglichen Bedarfs (Zentren, ÖPNV, Lebensmittelläden) berechnet.³ Dargestellt werden die Erreichbarkeiten im Deutschlandatlas hauptsächlich auf Kreisebene. Für die Erreichbarkeiten (mit Ausnahme des ÖPNV und der Zentren) wurde das Thünen-Erreichbarkeitsmodell genutzt. Das Thünen-Modell berechnet die Erreichbarkeit einer Infrastruktur ausgehend vom Mittelpunkt einer 250m mal 250m Rasterzelle mithilfe der Open Source Routing-Machine und OpenStreetMap (OSM) Daten. Die Erreichbarkeiten der einzelnen Rasterzellen werden dann für die Gebietseinheit aggregiert (Median).⁴

Für die Ermittlung der Erreichbarkeiten für den ÖPNV wurde der Anteil der Bevölkerung eines Landkreises bestimmt, die in maximal 600 m bzw. bei Bahnhöfen 1.200 m Luftlinienentfernung um eine Haltestelle mit

¹ Hansen, W. G.: "How Accessibility Shapes Land Use". In: Journal of the American Institute of Planners, Jg. 25, H. 2, S. 73–76, 1959

² Dr. Stefan Neumeier: „Thünen Working Paper 77“, Thünen-Institut für Ländliche Räume, 2017

³ <https://heimat.bund.de/>

⁴ BMI, Deutschlandatlas – Karten zu gleichwertigen Lebensverhältnissen, 1. Auflage, Juli 2019

mindestens 20 Abfahrten am Tag wohnt.⁵ Zur Berechnung der Fahrtzeiten zu den Zentren wurde das Erreichbarkeitsmodell des BBSR genutzt, welches durchschnittliche PKW-Geschwindigkeiten nach Straßentyp verwendet.

Der Landatlas des Thünen-Instituts basiert ebenfalls auf dem Thünen-Erreichbarkeitsmodell, allerdings auf einem Datenstand von 2016 oder älter. Der Fokus liegt innerhalb dieses Projektes auf ländlichen Regionen, wobei die Ländlichkeit einer Gemeinde oder eines Kreises anhand einer Verknüpfung mehrerer Indizes bestimmt wird. Betrachtete Infrastrukturen im Landatlas sind hausärztliche Praxen, Apotheken, Pflegedienste, Grundschulen, Polizeidienststellen, Lebensmittelschäfte, Tankstellen und Zentren.⁶

Der Online-Atlas „Indikatoren und Karten zur Stadt- und Raumentwicklung“ (INKAR) des BBSR bildet die Datengrundlage für die oben genannten Projekte. Der Atlas enthält keine Berechnungen zu Fahrtzeiten oder Knappheiten, sondern stellt für eine große Anzahl an Indikatoren rund um die Themen Lebensbedingungen und räumliche Entwicklung in Deutschland den Ist-Zustand sowie Veränderungen über die Zeit dar. Die Daten basieren auf der amtlichen Statistik des Bundes und der Länder.⁷

Weiterhin ist noch der Infrastrukturatlas der Bundesnetzagentur als zentrales Informations- und Planungstool für den Breitbandausbau zu erwähnen. Er enthält Daten von Netzinfrastrukturen für Planungszwecke und Mitnutzungsinformationen sowie Bauarbeiten und besitzt keinerlei Verbindung zu Erreichbarkeitsmaßen.

Das vorliegende Forschungsprojekt grenzt sich in mehreren Aspekten von den genannten Studien ab und hat zahlreiche Alleinstellungsmerkmale: Es analysiert es 22 verschiedene öffentliche Infrastrukturtypen und ist damit breiter aufgestellt als beispielsweise der Landatlas. Hieraus lässt sich ein repräsentatives Gesamtbild für die öffentliche Infrastrukturverfügbarkeit über ganz Deutschland zeichnen. Zudem werden die Fahrtzeiten sehr präzise berechnet: Ausgangspunkt ist ein sehr feinkörniges 100m mal 100m Rasterzellennetz für ganz Deutschland. Die berechneten Fahrtzeiten werden nicht sofort auf einer Gebietseinheit aggregiert, sondern stehen adressscharf für weitere Forschungen zur Verfügung. Auch erfolgen die Fahrtzeitberechnungen für verschiedenen Transportmittel (Auto, Fuß, Fahrrad, ÖPNV), wobei die Fahrtzeiten auf der Straße das tatsächliche Verkehrsaufkommen bei der Ermittlung der Geschwindigkeiten berücksichtigen. Eine weitere Besonderheit dieses Projekts ist, dass die Analyse nicht bei der Berechnung der Fahrtzeiten stehen bleibt, sondern weiterhin erstmalig in Deutschland lokale Knappheiten bei der Infrastruktur berechnet werden. Auf Basis der Zuordnung der Einwohner zur nächstgelegenen Infrastruktur (kürzeste Fahrzeit über alle Modi hinweg) wird ermittelt, wie viele Nachfrager es für die nächstgelegene Infrastruktureinrichtung gibt. Wo vorhanden, wurden echte Kapazitätsdaten (z.B. Anzahl von Krankenhausbetten) genutzt, um die Knappheiten anhand einer Art Auslastungsgrad genauer zu quantifizieren. Mit den so gewonnen Daten können die die Infrastrukturqualität vor Ort prinzipiell überprüft und individuelle Entscheidungen nachvollzogen werden, z.B. wieso es zu Überkapazitäten und Staus kommt oder wieso in einigen Regionen ein Bevölkerungsrückgang zu verzeichnen ist.

3.3. Basisdatensätze

Zur Berechnung der Fahrtzeiten werden Informationen über das Straßennetz sowie den Standort der Infrastrukturen benötigt. Für Daten über das Straßennetz wurde das OpenStreetMap-Straßennetz mit Stand vom 28.10.2019 verwendet. Die Daten des OpenStreetMap-Projekts haben in dieser Hinsicht den großen Vorteil, dass es sich um Open Data handelt, die frei genutzt werden kann. Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) bescheinigt den OpenStreetMap-Daten eine hohe Qualität und gute Verwendbarkeit für Routing-Berechnungen.

⁵ BMI, Deutschlandatlas – Karten zu gleichwertigen Lebensverhältnissen, 1. Auflage, Juli 2019

⁶ <https://www.landatlas.de/>

⁷ <https://www.inkar.de/>

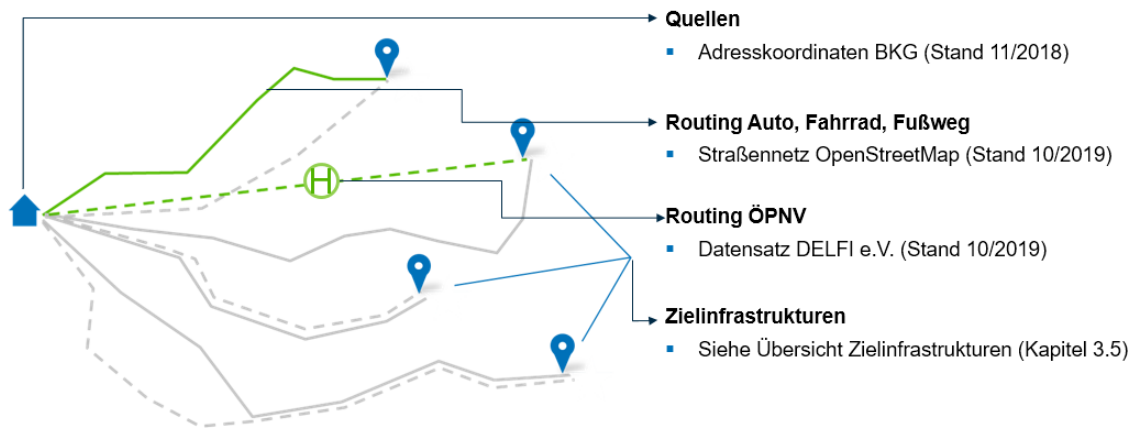


Abbildung 4: Überblick Datengrundlagen

Das Straßennetz besteht aus über 16 Millionen verzeichneten Kreuzungen (sogenannten „Knoten“) sowie über 41 Millionen Straßen (sogenannten „Kanten“) in ganz Deutschland. Die Daten des OpenStreetMap-Projekts enthalten u.a. die Information, welche Verkehrsmodi auf einer jeweiligen Kante des Straßennetzes erlaubt sind.

Die Koordinaten der Zielinfrastrukturen stammen zum Großteil aus dem Datensatz Points of Interest (POI) des BKG mit Stand vom 20.11.2018 (Details zu den genauen Datenquellen für jede betrachtete Infrastruktur können aus Tabelle 1 im Kapitel 3.4 entnommen werden). Dieser basiert auf geocodierten Adresslisten aus offiziellen Quellen, z.B. Bund und Länder oder aus Eigenrecherche des BKGs. Die genauen Datenquellen können auf der Homepage des Bundesamts nachvollzogen werden.⁸ Der POI Datensatz enthält neben den Standortdaten der Infrastrukturen teilweise auch weitere Attribute, wie beispielsweise Angaben zu Schülerzahlen für Bildungseinrichtungen. Diese weiteren Attribute wurden, soweit verfügbar, für die Erstellung der jeweiligen Knappheitsmaße verwendet.

Schließlich wurde für den öffentlichen Personennahverkehr der deutschlandweite Datensatz des Delfi e. V. vom 10.10.2019 verwendet – einer gemeinsamen Plattform zur Kooperation von Bund, Ländern, und Verkehrsverbänden.

3.4. Berechnung der Erreichbarkeit und Knappheit

Die Berechnung der Reisezeit von allen 22 Millionen Adressen in Deutschland zu den nächstliegenden 22 Infrastrukturtypen erfolgt einzeln für fünf verschiedene Modi (Fuß, Fahrrad, ÖPNV, Auto mit und ohne Verkehrsauslastung). Abbildung 5 gibt einen Überblick über die Methodik. Um die Anzahl der Menschen in Deutschland zu ermitteln, die eine bestimmte Fahrtzeit zu einer Zielinfrastruktur haben, wurden die Einzeladressen zunächst mit ergänzenden Daten wie der Einwohnerzahl und der Altersstruktur verschnitten. Soweit möglich wurden auch die Kapazitäten der Zielinfrastrukturen erfasst. Auf Basis der Zuordnung der Einwohner zur nächstgelegenen Infrastruktur mithilfe der kürzesten Fahrtzeit wird ermittelt, wie viele Nachfrager es für die nächstgelegene Infrastruktureinrichtung gibt. Soweit vorhanden wurden echte Kapazitätsdaten (z.B. Anzahl von Krankenhausbetten) genutzt, um die Knappheiten anhand einer Art Auslastungsgrad genauer zu quantifizieren.

⁸ https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_POI.pdf

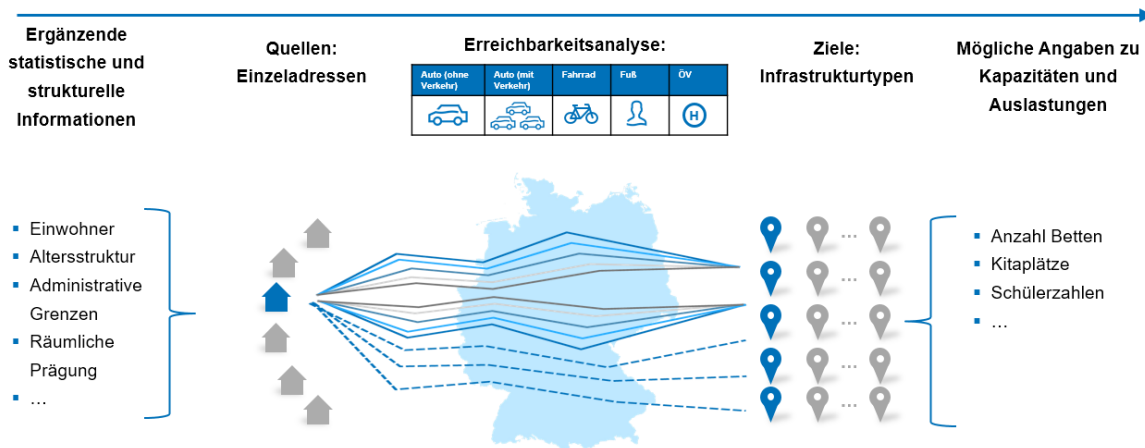


Abbildung 5: Überblick der Methodik

Für das Routing wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Die maximale Fußweglänge zur nächsten Haltestelle wird mit 2 km angesetzt. Dies gilt sowohl für die Start- als auch für den Endpunkt. Bei weiteren Entfernungen wird entsprechend keine ÖPNV Verbindung berechnet.
- Die Laufgeschwindigkeit beträgt 4,3 km/h.
- Zur Ermittlung der Erreichbarkeit von Flächeninfrastrukturen (Zentren) wird zu einem zentralen Punkt der Gemeinde geroutet. Sofern die Information vorliegt, wird das Rathaus als zentraler Punkt angenommen. Für 1,2 % der Zentren lagen keine Informationen über ein Rathaus vor, weshalb das Zentroid innerhalb der Gemeinde als zentraler Punkt gewählt wurde.
- Für die Berechnung der Fahrzeit mit dem ÖPNV (Start der Verbindung) sowie mit dem Auto (zur Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens) wurde ein beliebiger Wochentag von Dienstag bis Donnerstag um 8 Uhr als Zeitpunkt gewählt. Alle drei Wochentage können untereinander als gleichwertig angesehen werden. Dadurch kann die Morgenspitze eines Werktags ohne möglichen Wochenend- und / oder wöchentlicher Pendlerverkehr abgebildet werden.

Für die Berechnung der Fahrtzeiten mit den individuellen Verkehrsmitteln Auto, Fahrrad und zu Fuß wurde das Tool „UrMoAC - Urban Mobility Accessibility Calculator“ des Projektpartners DLR genutzt. Für die Berechnung der ÖPNV-Verbindungen wurde das Tool „HAFAS – HaCon Fahrplan-Auskunfts-System“ des Projektpartners HaCon verwendet.

Das Werkzeug UrMoAC startet an jedem Quellort bzw. jeder Adresse in Deutschland und führt so lange eine Schnellste-Wege-Breitensuche (Dijkstra-Algorithmus) durch, bis die nächste Infrastruktur gefunden wird. Für eine korrekte Abbildung von Erreichbarkeiten für das Auto unter Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens ist es notwendig, die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten im Straßennetz zu kennen. Daten über die erlaubte Höchstgeschwindigkeit sind hierfür ungenügend, da diese aufgrund einer erhöhten Verkehrsbelastung, Ampeln oder Vorfahrtsregeln in der Regel im Durchschnitt nicht erreicht werden. Für die Bestimmung der Belastung des Straßennetzes und der sich daraus ergebenden tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten werden die Ergebnisse des nationalen Personenverkehrsnachfragemodells „DEMO“ des Instituts für Verkehrsforschung des DLRs

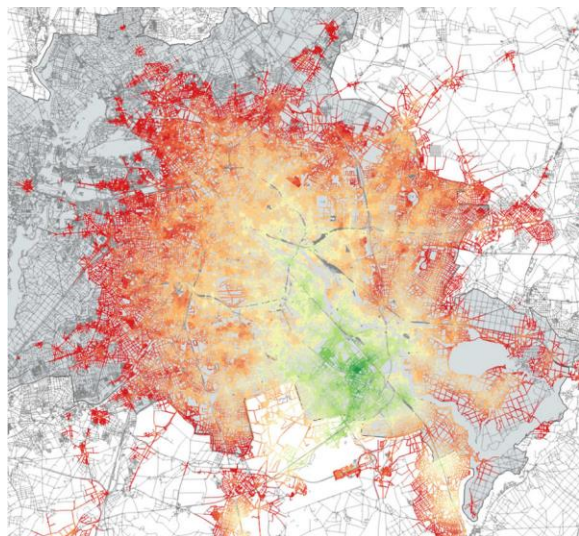


Abbildung 6: Breitensuche

genutzt.⁹ Zur Herleitung der Verkehrsnachfrage verwendet das „DEMO“ Modell soziodemografische Daten, wie beispielsweise Einwohner- und Erwerbstätigenzahl sowie weitere regionale Infrastrukturdaten wie Einkaufsgelegenheiten und Schulen. Diese Verkehrsnachfrage wird auf das Straßennetz umgelegt und so die Verkehrsbelastungen und realistische Reisegeschwindigkeiten ermittelt.

Im Gegensatz zu vergleichbaren „Atlasprojekten“ geht die vorliegende Studie über die Betrachtung von Erreichbarkeiten hinaus und analysiert auch entstehende Knappheiten entlang der Leitfrage, welche Situation potentielle Nutzer/innen einer Infrastruktur vor Ort vorfinden würden. Dabei ist zu beachten, dass nicht jede Infrastruktur für jeden Einwohner in Deutschland gleichermaßen relevant ist. Schulen sind beispielsweise nur für Kinder in einem entsprechenden Alter von Bedeutung. Für die Identifizierung relevanter Nachfrager pro Infrastruktur wurde jede Adresse mit Einwohnerstrukturdaten (Bevölkerungsanzahl und Altersstruktur) der INKAR Daten 2017 verschnitten¹⁰. Wo immer dies möglich war, wurde die Zahl der potenziellen Nachfrager pro Infrastruktureinrichtung ins Verhältnis zu Kapazitätsindikatoren gesetzt. In Tabelle 1 werden die Datengrundlagen der 22 Zielinfrastrukturen dargestellt:

Tabelle 1: Übersicht der Datenquellen

Kategorie	Zielinfrastruktur	Quelle	Stand	Betrachtete Infrastrukturen
Gesundheit	Krankenhäuser	BKG POI	12.2018	
		Krankenhausatlas der statistischen Ämter	2016	
	Arztpraxen	Axiom (privater Anbieter)	12.2019	Humanmedizinische Praxen sowie die Untergruppen hausärztliche und zahnärztliche Praxen
Bildung und Erziehung	Kindergärten	BKG POI	12.2018	
	Schulen	BKG POI	12.2018	Grundschulen, weiterführende Schulen
Berufliche Bildung	Universitäten	BKG POI	12.2018	
	Berufsschulen	BKG POI	12.2018	
Sicherheit¹¹	Bundespolizei	BKG POI	12.2018	
	Landespolizei	BKG POI	12.2018	
	Berufsfeuerwehren	BKG POI	12.2018	
Kultur und Freizeit	Museen	Staatliche Museen Berlin	02.2020	
	Schwimmbäder	Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V.	02.2020	
Verwaltungs- und Dienstleistungszentren	Zentren	BBSR INKAR	11.2019	Metropolen, Oberzentrum, Mittelzentrum, Grundzentrum
	Öffentliche Verwaltung	TÜV Rheinland BKG Level of Detail	2013 07.2018	Rathäuser
Verkehrsknotenpunkte	Autobahnauffahrten	OpenStreetMap	10.2019	
	Bahnhöfe	DB Station & Service AG	09.2017	Bahnhöfe, nur Fernbahnhöfe

Nachfolgend werden die Datengrundlagen der sieben Infrastrukturkategorien näher erläutert.

⁹ https://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-12751/22270_read-50064/

¹⁰ Der INKAR 2017 Datensatz enthält die aktuellsten Daten zu Einwohnerzahlen und Altersstruktur. Da diese INKAR 2017 Daten jedoch nur auf Gemeindeebene vorliegen, erfolgte die Verteilung der Einwohnerzahlen und Altersgruppen auf die Adressebene auf Basis des Zensus 2011.

¹¹ Die Logik der Erreichbarkeit (Wie gut erreichbar sind Zielinfrastrukturen?) ist bei der Betrachtung von Polizei- und Feuerwehrstandorten umgekehrt: Wie gut kann Polizei und Feuerwehr Unfallorte erreichen?

Gesundheit: Krankenhäuser und Arztpraxen

Datengrundlage für die Berechnungen zu Krankenhäusern ist der Datensatz POI des BKG. Diese wurden durch Recherchen von TÜV Rheinland zu Nebenstandorten ergänzt. Insgesamt umfasst der Datensatz 1.942 Krankenhäuser, darunter auch vier Bundeswehrkrankenhäuser, da diese für die Allgemeinheit zugänglich sind. Reine Tageskliniken werden nicht betrachtet. Für 1.580 bzw. 81 % der 1.939 Krankenhäuser umfasste der Krankenhausatlas der statistischen Ämter aus dem Jahr 2016 die Bettenanzahl als Kapazitätsmaß. 249 der 362 Krankenhäuser ohne Angaben zur Bettenanzahl konnten als Nebenstandorte identifiziert werden. In diesen Fällen wurde die Gesamtzahl der Betten gleichmäßig auf Haupt- und Nebenstandorte verteilt. Für 113 Krankenhäuser ohne Angaben zur Bettenanzahl (5,8 %) wurde der Median des jeweiligen Bundeslandes angesetzt.

Da geographische Daten zu Arztpraxen nur über privatwirtschaftliche Datenanbieter verfügbar sind, wurden adressscharfe Daten des Anbieters Axiom erworben. Der Datensatz umfasst 93.203 Praxen von Humanmediziner*innen. Zusätzlich wurden die Untergruppen Hausarztpraxen und Zahnarztpraxen herausgefiltert. Für jede Praxis ist zudem die Anzahl der dort arbeitenden Ärzte/Ärztinnen angegeben. Kapazitäten werden basierend auf dem Verhältnis von Ärzten/Ärztinnen pro Praxis und zugeordneten Einwohnern bzw. Patienten berechnet. Die Kapazitätskennzahl gibt somit die Anzahl an Einwohnern pro Arzt/Ärztin an.

Bildung und Erziehung: Kindergärten und Schulen

Kindergärten

Datengrundlage für die Berechnungen zu Kindergärten ist der Datensatz POI des BKG. Dieser weist 54.649 Kindergärten für Deutschland aus. Für Kindergärten sind Berechnungen über die Auslastung auf Basis der zur Verfügung stehenden Anzahl an Kindergartenplätzen möglich, die im POI Datensatz angegeben sind. In 6 von 16 Bundesländern (Baden-Württemberg, Berlin, Hamburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) liegen keine oder nur sehr wenigen Daten zur Anzahl der Kindergartenplätze vor, weshalb die fehlenden Werte durch den deutschlandweiten Mittelwert ergänzt werden (66,8 Plätze pro Kindergarten). Für die restlichen 10 Bundesländer wird bei den Kindergärten ohne Kapazitätswert der Mittelwert des jeweiligen Bundeslandes eingesetzt.

Schulen: Grundschulen und weiterführende Schulen

Der POI Datensatz des BKG ermöglicht auch die Betrachtung der beiden wichtigsten Schultypen: Grundschulen und weiterführende Schulen. Insgesamt umfasst der Datensatz 16.038 Grundschulen und 9.819 weiterführende Schulen. In dem POI Datensatz sind zu Grundschulen und weiterführende Schulen die Schülerzahlen aufgeführt, die als Kapazitätsmaß dienen. Für die Bundesländer Berlin, Hamburg, Bremen und Sachsen existieren keine Schülerzahlen in den Daten. Für diese Bundesländer wurde zur Erstellung eines näherungsweisen Kapazitätsindikators die Gesamtzahl der Schüler/innen des Bundeslandes durch die Anzahl der Schulen geteilt.

Berufliche Bildung: Universitäten und Berufsschulen

Universitäten inklusive Hochschulen und Berufsschulen werden im Rahmen der beruflichen Bildung betrachtet. Die Datengrundlage ist jeweils der Datensatz POI des BKG. Der Datensatz umfasst 397 Universitäten und 5.713 Berufsschulen in Deutschland. Für Universitäten können keine Kapazitätsangaben getroffen werden. Für die Berufsschulen liegen mit Ausnahmen der Bundesländer Berlin, Hamburg, Bremen und Sachsen Daten zu Schülerzahlen im POI Datensatz vor. Für die Bundesländer ohne Daten wurde zur Ermittlung eines Kapazitätsmaßes hilfsweise die Gesamtzahl der Schülerschaft durch die Anzahl der Berufsschulen geteilt. Für die Bundesländer Niedersachsen, Saarland und Nordrhein-Westfalen waren die Kapazitätsangaben unvollständig. Fehlende Werte wurden durch den Mittelwert des jeweiligen Bundeslandes ersetzt.

Sicherheit: Bundes-, Landespolizei, und Berufsfeuerwehren

Standorte der Bundes- und Landespolizei sowie der Berufsfeuerwehren werden im Datensatz POI des BKG ausgewiesen. Der Datensatz umfasst 289 Standorte der Bundes- sowie 3.925 Standorte der Landespolizei und 386 Standorte der Berufsfeuerwehren. Anstelle von Angaben zu Kapazitäten wird die Nachfrage modelliert.

Kultur und Freizeit: Museen und Schwimmbäder

Die Standorte der Museen in Deutschland wurden von dem Institut für Museumsforschung der staatlichen Museen zu Berlin zur Verfügung gestellt. Dieser Datensatz beinhaltet 7.010 öffentliche Museen in Deutschland. Öffentlich zugängliche Daten (wie z.B. LOD des BKG oder POI der OSM-Daten) wiesen nach Prüfung dagegen deutliche Lücken auf.

Datengrundlage für die Standorte der Schwimmbäder ist ein Datensatz der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen e. V., welcher diesen Datensatz auch im Rahmen seines „Bäderatlas“ ausweist. Dieser Datensatz umfasst 5.154 öffentliche Schwimmbäder in Deutschland.

Anstelle von Angaben zu Kapazitäten wird auch in der Kategorie Freizeit lediglich die potenzielle Nachfrage modelliert.

Verwaltungs- und Dienstleistungszentren

Um das Dienstleistungsangebot von unterschiedlich großen Zentren abzubilden, wurden Daten zur zentralörtlichen Gliederung des BBSR aus den INKAR-Daten verwendet. Diese enthält vier Zentrumstypen: Metropolen, Oberzentren, Mittelzentren sowie Grundzentren.

Im Rahmen dieses Projektes wurden Metropolen als solche Gemeinden definiert, die nach den Definitionen des BBSR als Großstädte gelten und darüber hinaus eine Funktion als Oberzentrum aufweisen. Mit dieser Definition gibt es in Deutschland 66 Metropolen. Dazu zählen zum Beispiel Berlin, Hamburg und München (siehe auch Abbildung 7). Alle Metropolen haben eine Einwohnerzahl von mindestens 100.000 Einwohnern. Ein Oberzentrum ist gleichzeitig auch Mittel- und Grundzentrum und ein Mittelzentrum wiederum auch ein Grundzentrum. Das Routing zu den Ober-, Mittel-, und Unterzentren erfolgt zu dem Rathaus der Gemeinde. Für 1,2 % Prozent der Gemeinden fehlen Angaben zu Rathäusern, weshalb in diesen Fällen zu dem Zentroid der Gemeindefläche geroutet wurde. Für das Routing zu den Metropolen wird das zentrale Rathaus verwendet. Neben den klassifizierten Oberzentren werden auch ausgewählte Bezirkszentren von Metropolen als Oberzentrum ausgewiesen, z.B. in Berlin (Spandau, Mitte, Charlottenburg, Friedrichshain, Steglitz, Köpenick und Pankow) und Hamburg (Mitte und Harburg), da diese die Funktionalität für mehrere Stadtteile und das Umland übernehmen. Bei der Kategorie Mittelzentren werden zusätzlich die Bezirksrathäuser der Oberzentren als Mittelzentren gewertet (mit händischer Reduzierung in Städten mit einer hohen Anzahl an Bezirksrathäusern). Für Grundzentren werden alle Rathäuser betrachtet. Nach dieser Definition gibt es 170 Oberzentren, 1.609 Mittelzentren, 4.572 Grundzentren.

Exemplarisch für die öffentliche Verwaltung wurden die Rathäuser auch separat als Infrastruktureinrichtung betrachtet. Grundlage ist der Datensatz Level of Detail (LOD) des BKG mit Stand vom Juli 2018. Vorhandene Datenlücken wurden mit dem Datensatz POI des OSM-Projektes sowie einer TÜV-Rheinland-internen Liste von Rathäusern ergänzt. Für Großstädte wurde diese Liste um Bezirksrathäuser ergänzt, sodass der so entstandene Datensatz 9.100 Rathäuser umfasst.

Zu den Verwaltungs- und Dienstleistungszentren liegen keine Kapazitätsindikatoren vor, sodass hier die Knappheit lediglich durch die rivalisierende Nachfrage abgebildet wird.

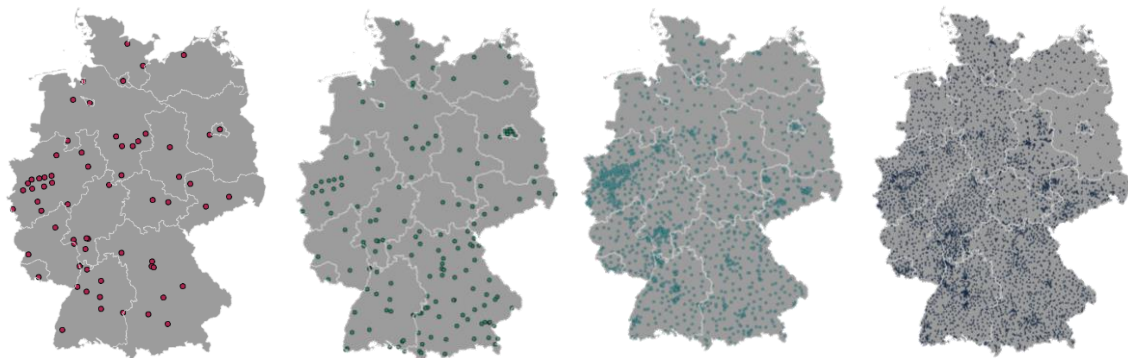


Abbildung 7: Verteilung der verschiedenen Zentrumstypen – Metropolen, Oberzentren, Mittelzentren und Grundzentren (von links nach rechts)

Verkehrsknotenpunkte: Autobahnauffahrten und Bahnhöfe

Daten über Autobahnauffahrten wurden dem OSM-Datensatz entnommen, da diese auch zur Berechnung der Fahrzeiten mit dem Auto verwendet werden. Der Datensatz enthält 7.288 Autobahnauffahrten für das Bundesgebiet.

Grundlage für die Analyse von Bahnhöfen sowie Fernbahnhöfen sind die Haltestellendaten der Deutschen Bahn Station & Service AG mit Stand September 2017. Mit Hilfe des digitalen Basis-Landschaftsmodells (Basis-DLM) des BKG wurde dieser Datensatz um Haltepunkte von Straßen- und Stadtbahnhaltestellen bereinigt. Der fertige Datensatz enthält 347 Fernbahnhöfe und 6.500 Bahnhöfe.

Auch zu den Verkehrsknotenpunkten kann die Knappheit lediglich durch die rivalisierende Nachfrage abgebildet werden.

3.5. Auswertung

Die Analyse von Erreichbarkeiten und Knappheiten der Zielinfrastrukturen stützt sich auf Häufigkeitsverteilungen, statistische Kennzahlen und die Betrachtung von räumlichen Häufigkeitsausprägungen auf Deutschlandkarten. Der methodische Ansatz dazu wurde vom TÜV Rheinland gemeinsam mit dem BMWi im Rahmen des Projekts entwickelt. Die Betrachtungseinheit bei den statistischen Analysen sind grundsätzlich alle potenziellen Nutzer/innen in Deutschland, d.h. bei vielen Zielinfrastrukturen die Gesamtbevölkerung. Wie viele Einwohner bzw. Einwohnergruppen, jeweils abhängig von der Zielinfrastruktur, können ihr Ziel wie schnell erreichen und was erwartet sie dort? Bei den Darstellungen auf Karten werden die Nutzerdaten auf der Gemeindeebene zu einem Median aggregiert und die Anzahl der Einwohner in der Gemeinde mit einer Farbabstufung dargestellt.

Räumlich unabhängige Verteilung

Zunächst erfolgt die Analyse getrennt für die Indikatoren Erreichbarkeit und Knappheit. **Erreichbarkeit** wird an der Fahrzeit gemessen. Um einen deutschlandweiten Überblick über die Dauer der Fahrtzeiten mit den unterschiedlichen Verkehrsmitteln zu gewinnen, wird die Verteilung der Reisezeit in Minuten je Verkehrsmittel dargestellt (siehe Abbildung 8).

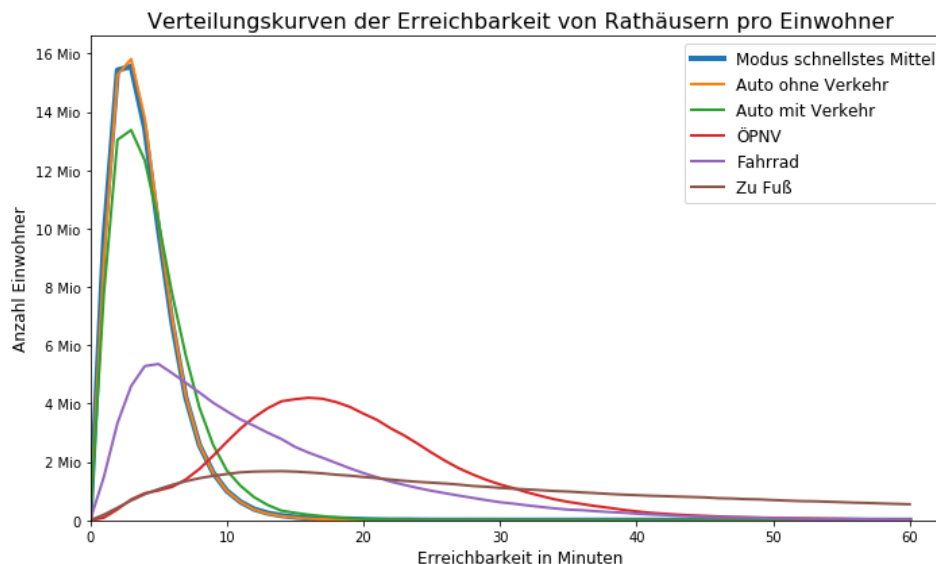


Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung einer Verteilungskurve

Ergänzt wird die graphische Darstellung der Verteilung um die folgenden statistischen Parameter: die Lageparameter Mittelwert und Median lassen Rückschlüsse auf die Fahrtzeiten der „breiten Masse“ der Bevölkerung zu. Die Standardabweichung gibt Hinweise darauf, ob ein signifikanter Anteil der Einwohner deutlich längere oder kürzere Fahrzeiten als „die breite Masse“ aufweist. Schließlich zeigen der kleinste Wert (Minimum) sowie das 99 %-Quantil die Bandbreite der vorhandenen Fahrtzeiten auf. Das 99 %-Quantil wurde anstelle des

Maximums verwendet, um Ausreißern entgegenzuwirken und somit einen aussagekräftigeren Maximalwert angeben zu können. Die statistischen Werte basieren auf der Fahrtzeit mit dem schnellsten Verkehrsmittel für jeden Einwohner. Für die meisten Einwohner und Infrastrukturen ist dies die Fahrt mit dem Auto ohne Berücksichtigung des Verkehrsaufkommens.

Zur anschaulicheren Darstellung wird die Verteilung der Fahrtzeiten im Deutschlandvergleich in einem zweiten Schritt anhand der Quartilsgrenzen in drei Gruppen unterteilt: 25 % der Einwohner mit den kürzesten Fahrtzeiten werden in die Gruppe „schnelle Erreichbarkeit“ gruppiert, 25 % der Einwohner mit den längsten Fahrtzeiten werden in die Gruppe „langsame Erreichbarkeit“ gruppiert und die mittleren 50 % der Einwohner in die mittlere Kategorie.

Analog erfolgt die Analyse der **räumlich unabhängigen Verteilung für die Nachfrage nach bzw. Knappheit je Infrastruktureinheit** getragen von der Leitfrage, welche Situation potentielle Nutzer/innen einer Infrastruktureinrichtung vor Ort vorfinden würde. Sofern Daten über die Kapazität einer Infrastruktur vorliegen, wurde zur Ermittlung der Knappheit oder Auslastung die potentielle Nachfrage in Relation zur vorhandenen Kapazität der Infrastruktur gesetzt. Beispielsweise wird die Gesamtzahl der Einwohner, für welche ein bestimmtes Krankenhaus das nächstgelegene Krankenhaus im Sinne der kürzesten Fahrtzeit darstellt, durch die Anzahl der vorhandenen Betten in diesem Krankenhaus geteilt, um die Nachfrage pro Krankenhausbett in diesem Krankenhaus zu ermitteln. Übersteigt die potentielle Nachfrage die vorhandene Kapazität, so ist von einer – theoretischen – Überauslastung und somit Knappheit auszugehen. Abbildung 9 zeigt exemplarisch, dass bei der Berechnung der Auslastung unrealistische Ausreißerwerte entstehen können: Die drei Infrastrukturen in dem roten Kreis liegen alle sehr nahe beieinander, so dass sich die Menschen in der Realität wahrscheinlich auf alle drei Einrichtungen gleichmäßig verteilen würden. Da die gelb eingefärbte Infrastruktur jedoch etwas näher am Ortskern liegt, ergibt die Berechnung für diese Einrichtung eine deutlich höhere Auslastung von 100-150% und eine vergleichbar deutlich niedrigere Auslastung von 50-100% für die beiden grün eingefärbten Einrichtungen in unmittelbarer Nachbarschaft.

Um den Einfluss dieser statistischen Ausreißer entgegenzuwirken, erfolgt die Berechnung der Auslastung für die Bewohner aggregiert auf Gemeindeebene. Das heißt, die Gesamtnachfrage nach allen Infrastruktureinheiten einer Gemeinde wird in Relation zu den aggregierten Infrastrukturskapazitäten in der Gemeinde gesetzt. Dabei können in der Gesamtnachfrage auch durchaus Nachfrager aus anderen Gemeinden enthalten sein bzw. einige Einwohner aus der Gemeinde sind nicht enthalten, da für sie die nächstgelegene Infrastruktur z.B. in einer Nachbargemeinde liegt. Diese Berechnung wird in folgender Formel ausgedrückt:

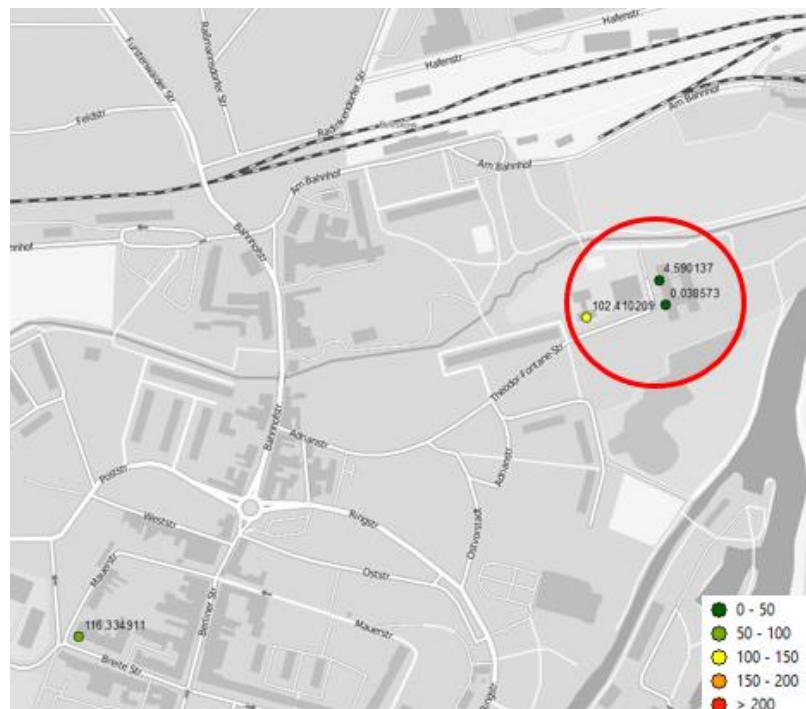


Abbildung 9: Ausreißer bei der Auslastung

$$(2) \quad a_{i,j} = \frac{\sum_{n_j=1}^{N_j} b_{i,n_j}}{\sum_{n_j=1}^{N_j} c_{i,n_j}}$$

$a_{i,j}$ entspricht der durchschnittlichen Infrastrukturauslastung in der Gemeinde j für eine bestimmte Infrastruktur i , z.B. Krankenhäuser. Der Parameter b_i zeigt erneut die Anzahl der potentiellen Nutzer/innen der nächstgelegenen Infrastruktur i an. Die Nutzeranzahl der Einrichtungen wird dann über alle Einrichtungen n einer Gemeinde j aggregiert. Die Summe der potentiellen Nutzer/innen wird anschließend durch die Summe der vorhandenen Kapazitäten c_i der Einrichtungen in der Gemeinde j geteilt.

Dem/r einzelnen Bürger/in wird dann, sobald er eine Infrastruktur aus der Gemeinde j ansteuert, der Durchschnittswert des Auslastungsgrades der Infrastrukturen in der Gemeinde j zugeordnet.

Analog zu den Analysen der Erreichbarkeit erfolgt eine Einteilung der Bewohner in drei Kategorien: „niedrige“, „mittlere“ und „hohe“ Nachfrage bzw. Auslastung, sofern Kapazitätsindikatoren vorhanden sind. Für die folgenden Infrastruktureinrichtungen liegen Kapazitätsindikatoren vor: Krankenhäuser, Kindergärten, Grundschulen, weiterführende Schulen und Berufsschulen.

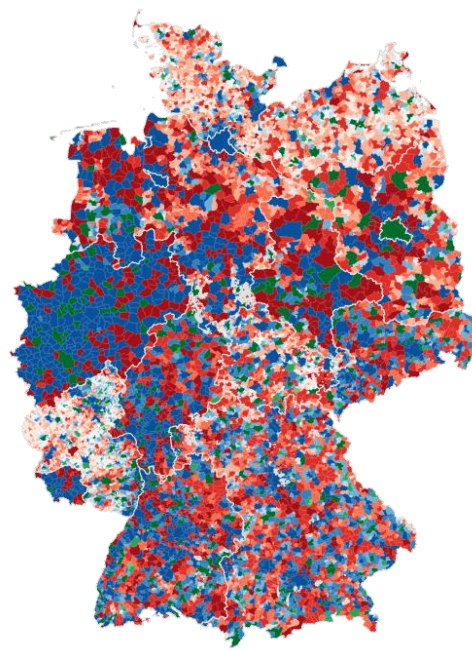
Räumlich abhängige Verteilung

Der statistischen Analyse schließt sich die kartographische Auswertung für die räumliche Verteilung über die insgesamt ca. 11.000 Kommunen in Deutschland an. Dabei werden für jede Kommune für die Erreichbarkeit die Medianwerte über die Einwohner zu Grunde gelegt. Für die Knappheit wird der Mittelwert über die Bürger/innen einer Gemeinde gebildet. Jedem/r Bürger/in wird dabei die Knappheit seiner/ihrer nächstgelegenen Zielinfrastruktur zugeordnet, unabhängig davon, ob diese Zielinfrastruktur in seiner/ihrer Heimatgemeinde oder einer Nachbargemeinde liegt. Anhand der kommunalen Medianwerte und der zuvor ermittelten Quartilsschwellen werden die Kommunen dann in die drei Gütekategorien „schnell“, „mittel“ und „langsam“ bzw. „gering“, „mittel“ und „hoch“ farblich nach grün, blau und rot unterschieden.

Zusätzlich werden die Kommunen in ihrer Farbintensität nach der Anzahl der dazugehörigen Einwohner abgestuft (sehr hell für kleine Kommunen unter 500 Einwohner, sehr dunkel für Kommunen über 7.000 Einwohner – siehe Abbildung 10). Die Abstufung erfolgte dabei anhand von Quantilen in 5 Farbklassen, sodass in jeder Klasse gleich viele Kommunen mit jedoch unterschiedlicher Einwohnerzahl liegen. Die Gruppierung der Kommunen gibt Hinweise über die Verteilung der Einwohner mit unterschiedlichen Fahrzeiten in kleine bzw. große Gemeinden: Ist der Anteil der Kommunen in der „schnellen Kategorie“ kleiner als 25 % so bedeutet dies, dass 25 % der Einwohner in Deutschland mit den schnellsten Fahrtzeiten in wenigen, größeren Kommunen leben. Läge der Anteil über 25 % ließe sich daraus schließen, dass sich diese „schnellsten“ 25 % der Einwohner in Deutschland auf sehr viele kleine Kommunen verteilen.

Durch diese Einteilung können systematisch räumliche Muster und auffällige Häufungen in der Verfügbarkeit der einzelnen Zielinfrastrukturen aufgedeckt werden:

- Auffällige Lage der ungünstigen bzw. günstigen Werte: Grenzregionen, Zentren, ländliche Gebiete, bestimmte Bundesländer, Peripheriestrukturen (Infrastruktur nur im Zentrum).
- Häufung der ungünstigen bzw. günstigen Kommunen als Indikator für räumlich stark variierende Verfügbarkeit („räumliche Ungleichheit“). Farblich als grün oder rot werden solche Kommunen hervorgehoben, in denen die Gruppe absolut dominant vorkommt (Median der Bevölkerung fällt in die Kategorie). Wenn relativ viele Kommunen im Schnitt in günstigen bzw. ungünstigen Kategorien liegen (rot bzw. grün), deutet das auf „räumliche Ungleichheit“ hin.



Anzahl EW	Schnell	Mittel	Langsam
> 7.050	Dark Green	Blue	Dark Red
> 2.620 – 7.050	Light Green	Light Blue	Orange
> 1.139 – 2.620	Light Green	Light Blue	Orange
> 492 – 1.139	Light Green	Light Blue	Orange
0 – 492	Light Green	Light Blue	Light Orange

Abbildung 10: Einteilung der Kommunen in die Erreichbarkeitsgruppen

Analyse der Kombination aus Knappheit und Erreichbarkeit

Um Regionen von besonderem Interesse zu identifizieren, wird im letzten Analyseschritt die kombinierte Häufigkeitsverteilung der beiden Indikatoren Erreichbarkeit und Knappheit betrachtet. Dabei erfolgt die Betrachtung sowohl auf Basis einer nutzerbezogenen wie auch raumbezogenen Verteilung. Die nutzerbezogene, zweidimensionale Verteilung wird vereinfacht anhand eines einfachen 9-Quadranten-Schemas dargestellt. Darin werden die prozentualen und absoluten Häufigkeiten der Nutzer/innen abgetragen, für die die jeweilige Kombination aus den Bewertungskategorien Erreichbarkeit „schnell“, „mittel“, „langsam“ und Knappheit „gering“, „mittel“, „hoch“ zutreffen (siehe Abbildung 11). Wären die Verteilungen der Erreichbarkeit und Knappheit unabhängig und exakt gleichverteilt, so müssten jeweils 6,25 % der Einwohner in den Randfeldern der Matrix (1,1; 1,3; 3,1; 3,3) liegen. Interessant sind hier vor allem die „günstige“ Kombination aus schneller Erreichbarkeit und geringer Knappheit (Feld 1,3) sowie die ungünstige Kombination aus langsamer Erreichbarkeit und hoher Knappheit (Feld 3,1). Liegt der Anteil der Menschen mit der günstigen Kombination bei mehr als 6,25 %, so deutet dies daraufhin, dass diese günstige Kombination in Deutschland etwas überrepräsentiert ist, was wiederum auf eine gute Versorgungslage hinweist.

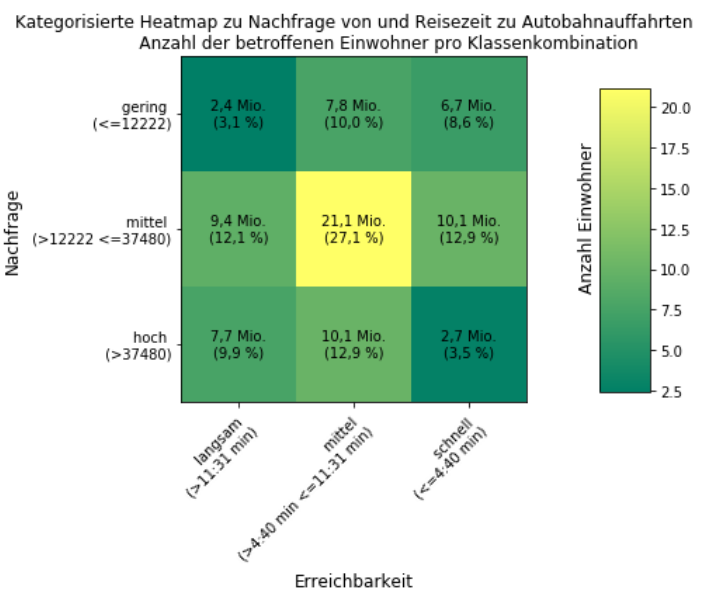


Abbildung 11: Beispiel für ein 9-Quadranten-Schema

In einem weiteren Schritt wurden Gemeinden, die aufgrund ihrer Medianwerte diese günstige oder ungünstige Kombination (hot spots und cold spots) aufweisen kartografisch dargestellt (Abbildung 12). Gemeinden mit günstiger Kombination werden grün dargestellt und Gemeinden mit ungünstiger Kombination wurden rot eingefärbt. Diese Karten ermöglichen auch ein besseres Verständnis über die Verbreitung dieser Kombinationen nach Gemeindegrößen: Ist der Anteil der Gemeinden, in welchen die Mehrheit der Einwohner von einer günstigen Kombination aus Erreichbarkeit und Knappheit profitiert, höher als der Anteil der Nutzer/innen gemessen an der Gesamtbevölkerung mit dieser günstigen Kombination (Zahlen aus den Feldern 1,3 und 3,1, des 9 Quadranten-Schemas), so lässt sich daraus schließen, dass diese Einwohner mit der günstigen Kombination in vielen kleinen Gemeinden mit jeweils wenigen Einwohnern leben.

Zusätzlich wird der Korrelationskoeffizient über die Fahrzeit und den Knappheitswert über alle Nutzer/innen ermittelt. Dieser gibt das Maß des linearen Zusammenhangs zwischen Erreichbarkeit und Auslastung an und kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Ein positiver Korrelationskoeffizient zeigt an, dass eine gute Erreichbarkeit mit geringer Knappheit und schlechte Erreichbarkeit mit hoher Knappheit zusammentrifft

– dies lässt sich als starke räumliche Differenzierung interpretieren: Ein derartiger Zusammenhang tritt zum Beispiel dann gehäuft auf, wenn die Infrastrukturabdeckung in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte eines Raumes bzw. einer Kommune erfolgt. In dünn besiedelten Gebieten mit tendenziell längeren Fahrzeiten trifft man auf relativ knappe Infrastruktur und in dicht besiedelten Gebieten eher auf gering ausgelastete Infrastruktur. Im Gegensatz dazu weist ein negativer Korrelationskoeffizient daraufhin, dass es einen Ausgleich für längere Fahrzeiten durch geringere Knappheiten gibt. Dies ist etwa dann anzutreffen, wenn die Infrastrukturversorgung je Fläche erfolgt und unabhängig von der Zahl der potenziellen Nachfrager ist. In dünn besiedelten Gebieten mit längeren Fahrzeiten findet sich dann eine hohe Anzahl an Infrastrukturen je Einwohner und in Städten eher weniger Infrastrukturen je Einwohner. Nimmt der Korrelationskoeffizient den Wert 0 an, besteht kein linearer Zusammenhang. Dies tritt etwa dann auf, wenn es eine gleiche Infrastrukturabdeckung pro Person für unterschiedlichste Einzugsgebiete und Fahrzeiten gibt.

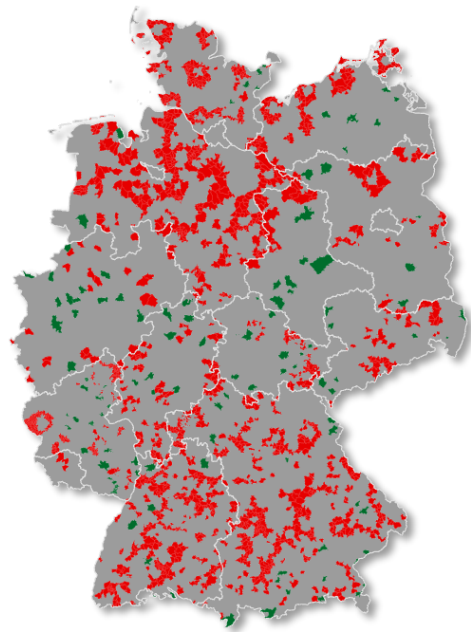


Abbildung 12: Beispielparte für Gemeinden mit günstiger und ungünstiger Kombination von Erreichbarkeit und Auslastung

4. Querschnittsbetrachtung der Infrastrukturbereiche

Im folgenden Kapitel werden die in dieser Studie untersuchten Infrastrukturziele im Hinblick auf ihre Erreichbarkeit und Auslastung sowie deren Korrelation in einer Querschnittsbetrachtung miteinander verglichen, um einen Überblick über die Ergebnisse der Berechnungen zu erhalten. Der Vergleich bezieht sich sowohl für die Erreichbarkeit als auch für die Auslastung auf die berechneten Klassengrenzen, die jeden Einwohner für jedes Ziel in die relative Klasse schnelle, mittlere und langsame Erreichbarkeit sowie niedrige, mittlere und hohe Auslastung einteilen (für weitere Erläuterungen bzgl. der gewählten Quantile 25 bzw. 75 % siehe Kapitel 3.5 Auswertung). Grundlage der Betrachtung ist jeweils das mit dem schnellsten Modus schnellstmöglich erreichbare Ziel. Für die Erreichbarkeit ergeben sich als Klassengrenzen die Zeiten, ab denen ein Einwohner in die langsame (unterhalb des 25 %-Quantils), schnelle (oberhalb des 75 %-Quantils) oder mittlere Klasse (zwischen dem 25 %- und 75 %-Quantil) eingruppiert wird. Für die Auslastung erfolgt die Einteilung auf die gleiche Weise, nur, dass statt Zeit die zu erwartende Auslastung das Kriterium zur Einteilung ist.

Zusätzlich werden für die Erreichbarkeit bezogen auf die im Alltag relevantesten Infrastrukturziele noch die Klassengrenzen zwischen verschiedenen Verkehrsmodi verglichen. Diese Analyse gibt erste Hinweise darauf, welche realistischen Alternativen es im Alltag z.B. zum Auto gibt, um eine entsprechende Infrastruktur zu erreichen. Bezogen auf die Auslastung der Ziele ist eine solche Betrachtung verschiedener Verkehrsmodi für Gesamtdeutschland jedoch nicht zielführend. Die Auslastungsszenarien im Rahmen dieser Studie legen immer den schnellsten Modus zugrunde, da ansonsten starke Annahmen zur Wahl der verwendeten Verkehrsmittel definiert werden müssten.

Neben dem Vergleich der Infrastrukturen untereinander werden die Erreichbarkeit und Auslastung hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung untersucht. Hierbei werden die Gemeinden in solche mit geringerer (<7.050) und höherer (≥ 7.050) Einwohnerzahl eingeteilt (Abbildung 13). Das Trennkriterium leitet sich aus der später verwendeten Einteilung aller Gemeinden in fünf Quantile ab, wobei der Wert die Trennung zwischen dem dritten und vierten Quantil bildet, so dass die ersten drei Quantile die Gemeinden mit geringerer Einwohnerzahl bilden und das vierte und fünfte Quantil die Gemeinden mit höherer Einwohnerzahl. Innerhalb dieser beiden Gruppen von Gemeinden wird untersucht, wie viele Einwohner für jedes Infrastrukturziel in die drei Klassen für Erreichbarkeit und Auslastung fallen. Dadurch wird ein Eindruck gewonnen, ob sich Erreichbarkeit und Auslastung der Infrastrukturziele für unterschiedlich große Gemeinden anders verhalten.

Abschließend wird in Kapitel 4 ausgehend von der Berechnung des Korrelationskoeffizienten zwischen Erreichbarkeit und Auslastung der Koeffizient für jedes Infrastrukturziel miteinander verglichen und untersucht, ob sich für bestimmte Infrastrukturen oder deren Typen (z.B. Bildung und Erziehung) Muster ausmachen lassen.

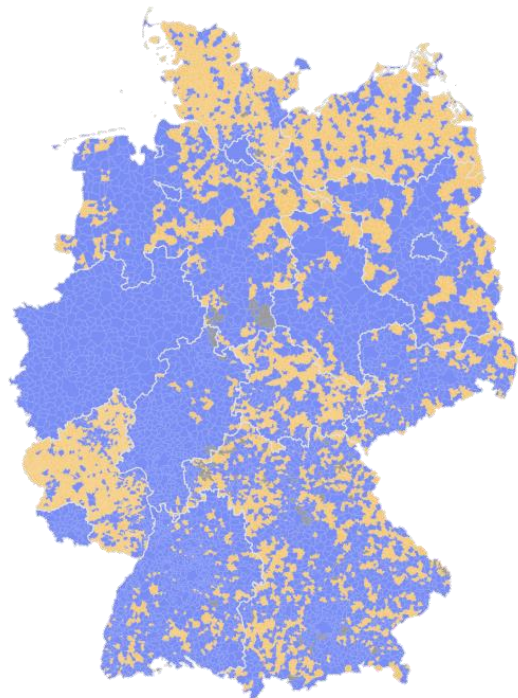


Abbildung 13: Räumliche Verteilung der Gemeinden mit geringerer (gelb) und höherer (lila) Einwohnerzahl

4.1. Erreichbarkeit

Bei der Betrachtung der Quantil-Grenzen für die Erreichbarkeitskategorien wird die große und zu erwartende Spannweite zwischen den unterschiedlichen Infrastrukturen deutlich (Abbildung 14). Bei der Gruppe der Kindergärten als durchschnittlich am schnellsten zu erreichenden Ziele fallen Kinder schon in die langsame Erreichbarkeitsklasse, wenn sie länger als 1:56 Min benötigen. Diese Grenze ist für 17 andere Infrastrukturen die Grenze für die „schnelle“ Gruppe.

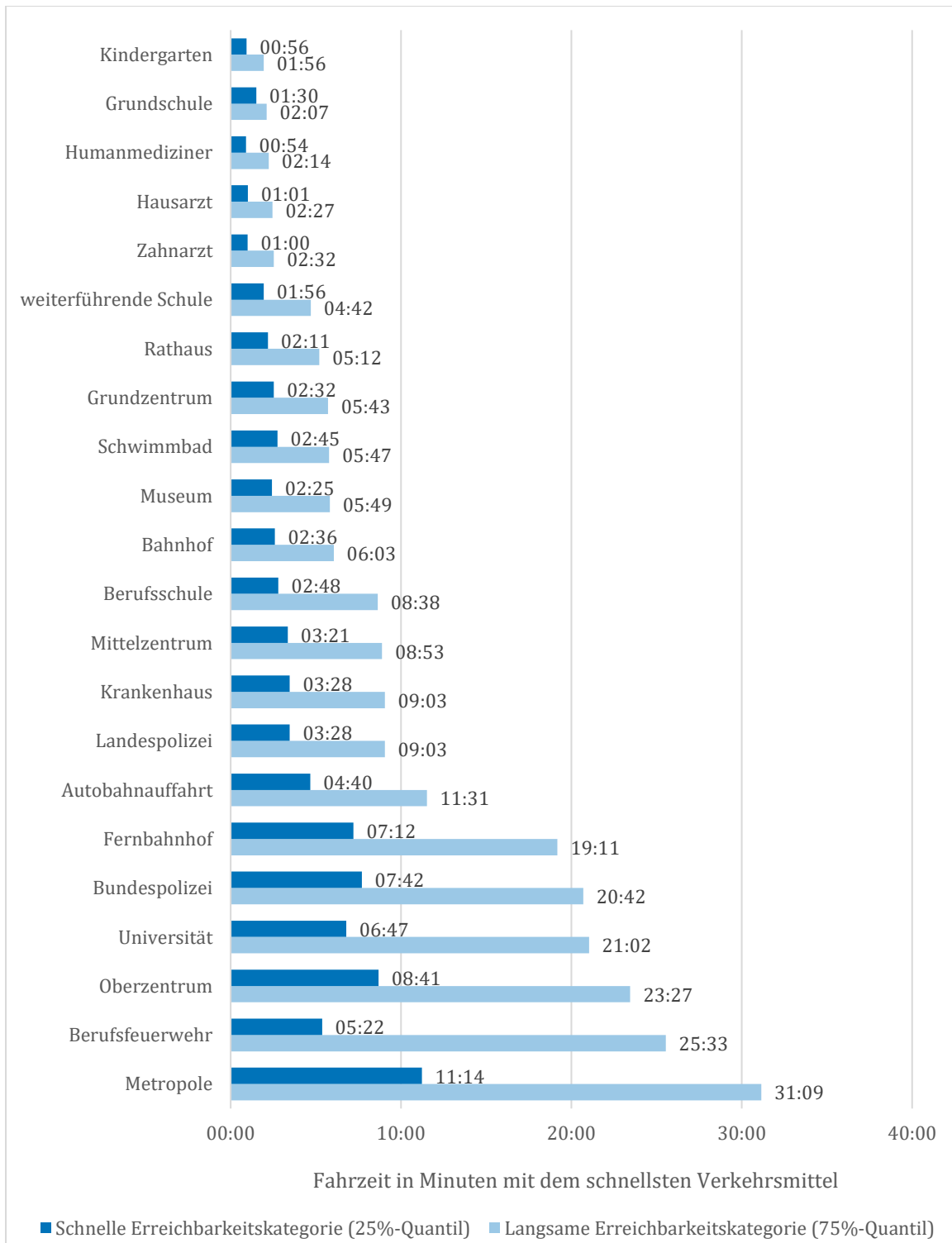


Abbildung 14: Quantilgrenzen für die Erreichbarkeit (mit dem schnellstem Modus)

Grundsätzlich scheinen die Einrichtungen des alltäglichen Bedarfs am schnellsten erreichbar zu sein: Ziele aus dem Bereich Erziehung und Bildung und dem Bereich Gesundheit, wobei hier allein die Krankenhäuser abfallen und sich im Mittelfeld befinden. Ebenso im Mittelfeld finden sich die Einrichtungen sowohl aus den Bereichen Freizeit (Museum, Schwimmbad), Verwaltungs- und Dienstleistungszentren (Rathaus, Grundzentrum, Mittelzentrum) und Verkehrsknotenpunkte (Bahnhof, Autobahnauffahrt) als auch Berufsschulen und Landespolizeistellen. Zur Gruppe der nur mit längeren Fahrtzeiten zu erreichenden Ziele gehören Fernbahnhöfe ebenso wie Universitäten, Oberzentren und Metropolen, aber auch die Bundespolizeistellen und Berufsfeuerwehren, wobei bei Letzteren auffällt, dass diese eine relativ niedrige Grenze für das untere Quantil

haben, was darauf hindeutet, dass es einige Feuerwachen gibt, die für einen erheblichen Teil der Bevölkerung trotz geringer Gesamtanzahl an Feuerwachen in Deutschland besonders schnell erreichbar sind. Nachfolgend wird für eine Auswahl im Alltag besonders relevanter Zielinfrastrukturen die Erreichbarkeit für die Verkehrsmodi Auto (mit Verkehr), Fahrrad und ÖPNV mittels der Quantilgrenzen verglichen (Abbildung 15).

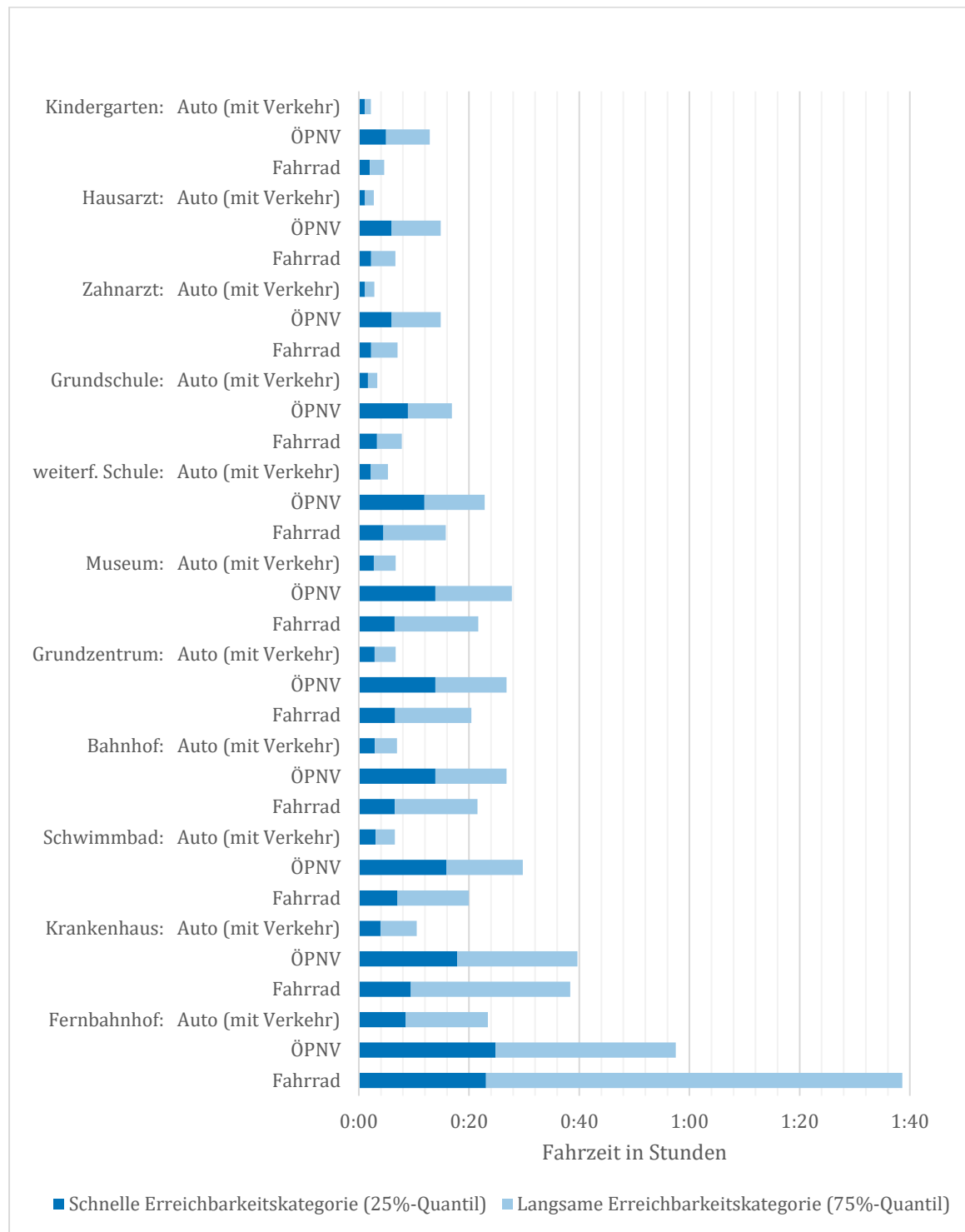


Abbildung 15: Quantilgrenzen für die Erreichbarkeit einzelner Zielinfrastrukturen differenziert nach Modi

Es ist erkennbar, dass es zwischen den Modi im Mittel über alle Einheiten beachtliche Unterschiede gibt. So sind die Quantilgrenzen beim Fahrrad meistens mindestens doppelt so hoch wie beim Auto (mit Verkehr). Zudem sind die Erreichbarkeitsgrenzen für das Fahrrad erheblich geringer als für den ÖPNV. Nur bei den Infrastrukturen mit sehr langen Fahrtzeiten (Krankenhaus, Fernbahnhof) sind beide Modi in etwa gleich auf (Krankenhaus 75 %-Quantilgrenze, Fernbahnhof 25 %-Quantilgrenze) und bei der Grenze zur langsamen Erreichbarkeitskategorie für

Fernbahnhöfe benötigt der ÖPNV sogar wesentlich weniger Zeit (knapp 1 Stunde) im Vergleich zum Fahrrad (gut 1,5 Stunden). Eine Besonderheit des ÖPNV ist eine relativ geringe Streuung der Fahrtzeiten im Vergleich zum Auto oder dem Fahrrad. Dies lässt sich damit begründen, dass für die Berechnung des ÖPNV immer von der Ausgangsadresse zu den nächstgelegenen Haltestellen gelaufen werden muss, um von diesen zu den Zielhaltestellen zu fahren und dann wiederum zum eigentlichen Ziel zu laufen, und somit schon für alle Verbindungen, ob schnell oder langsam ein grundsätzlicher Zeitaufwand entsteht. Für die Individualverkehrsmittel fallen in der Praxis zwar auch zusätzliche Zeiten an (Stellplatzsuche), die aber im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt wurden.

Die Unterscheidung der Verteilung der Erreichbarkeitsklassen für alle berechneten Infrastrukturen zwischen den Gemeinden mit höherer und geringerer Einwohnerzahl ist in Abbildung 16 dargestellt. Die Annahme, dass mehr Einwohner in den Gemeinden mit höherer Einwohnerzahl in der schnellen oder mittleren Erreichbarkeitsklasse liegen, bestätigt sich für fast alle Zielinfrastrukturen. Nur bei den Grundzentren – und noch deutlicher für Rathäuser – haben die Einwohner aus den Gemeinden mit geringerer Einwohnerzahl eine durchschnittlich schnellere Erreichbarkeit. Für Bahnhöfe ist die Situation ungefähr ausgeglichen, für die Freizeiteinrichtungen (Schwimmbad, Museum) ist der Vergleich nur leicht positiv für die Gemeinden mit höherer Einwohnerzahl. Grundsätzlich gibt es keine extremen Ausreißer, maximal 40 % der Einwohner der größeren Gemeinden finden sich in der schnellen Erreichbarkeitsklasse wieder; so für die Berufsfeuerwehren und etwas unterhalb der 40% für Metropolen, Oberzentren, Universitäten und Berufsschulen.

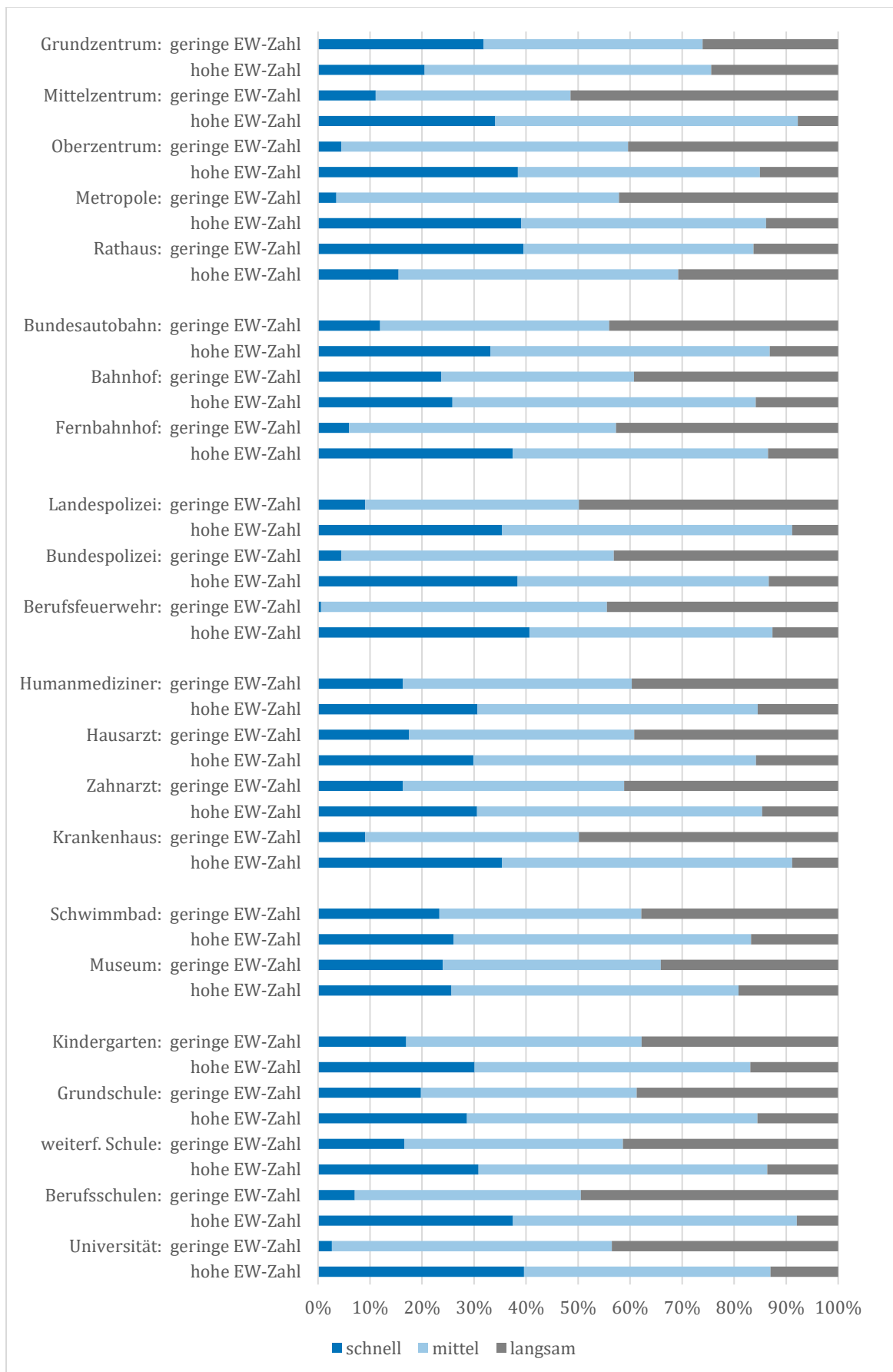


Abbildung 16: Aufteilung der drei Erreichbarkeitsklassen für die räumliche Prägung der Gemeinden nach Einwohnerzahl

4.2. Auslastung

Die Quantilgrenzen der Auslastungsklassen sind im Vergleich zu den Erreichbarkeitsklassen wesentlich heterogener, allerdings ist das Konzept der Auslastung auch leicht unterschiedlich für die verschiedenen Infrastrukturen zu interpretieren: Eine hohe Auslastung einer Schule kann nicht mit einer großen Nachfrage nach einer Metropole gleichgesetzt werden.

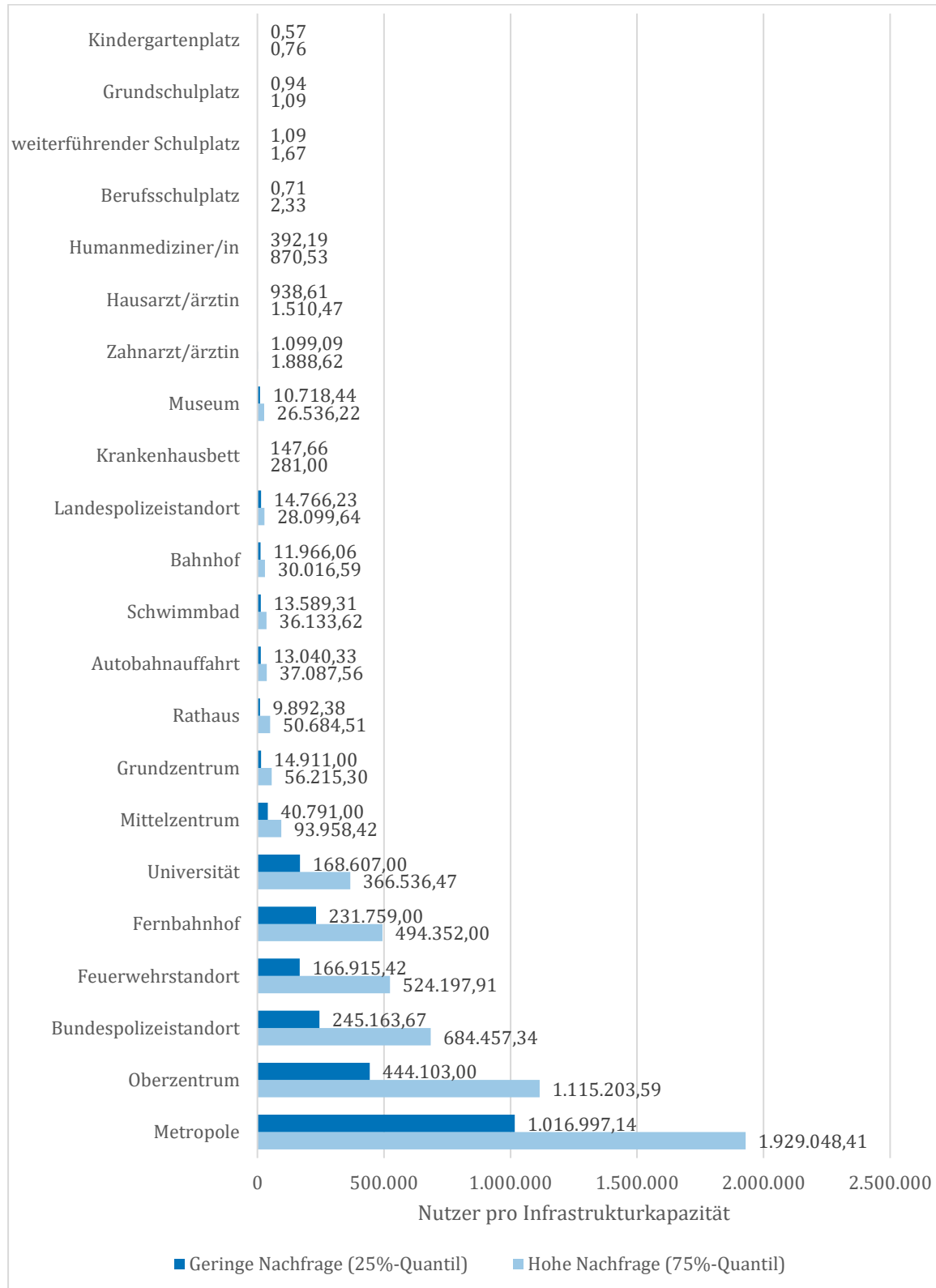


Abbildung 17: Quantilgrenzen für die Auslastung mittels schnellstem Modus

Eine geringe Auslastung ist vor allem in den Bereichen Bildung und Erziehung vorzufinden (Abbildung 17). Die durchschnittlich geringe Auslastung für Kindergärten und zugleich relativ hohe Auslastung von weiterführenden Schulen ist teilweise auch den getroffenen Annahmen geschuldet. So sind für die Berechnung der Kindergärten alle Kinder im Alter zwischen drei und sechs Jahren als potentielle Nachfrager erfasst worden. Damit wird aber ausgeblendet, dass nicht jedes Kind in diesem Alter einen Kindergartenplatz nachfragt, es aber auf der anderen Seite auch Kinder unter drei Jahren gibt, die einen Kindergartenplatz benötigen und diesen auch besetzen. Bei weiterführenden Schulen werden wiederum alle Kinder und Jugendlichen zwischen 6 und 18 Jahren als schulpflichtig erfasst, auch wenn diese eventuell die Schule vor Vollendung des 18. Lebensjahrs beendet haben. Hier könnten bei zukünftigen Berechnungen noch präzisere Annahmen getroffen werden bzw. echte Daten zugrunde gelegt werden. Die Auslastungsklassen für alle berechneten Infrastrukturen zwischen den Gemeinden mit höherer und geringerer Einwohnerzahl zeigen eine andere Struktur als für die Erreichbarkeiten. Dies hängt auch damit zusammen, dass die Auslastung zwar für jede einzelne Adresse errechnet wird, diese aber auf die Gemeinde aggregiert wird, um den Einfluss statistischer Ausreißer zu verringern (siehe Kapitel 3.5 Auswertung).

Festzuhalten ist, dass die Auswertung keine tendenzielle niedrigere Auslastung von Infrastrukturen in größeren Gemeinden nahelegt. (Abbildung 18). Allein bei den Einrichtungen aus dem medizinischen Bereich zeigt sich für die Gemeinden mit höherer Einwohnerzahl eine deutlich bessere Situation mit einem hohen Anteil der Einwohner in der Klasse mit niedriger Auslastung. Zugleich weist hierbei in den schwächer besiedelten Gemeinden in allen vier Zielen der medizinischen Versorgung die Klasse mit der hohen Auslastung einen besonders hohen Anteil aus.

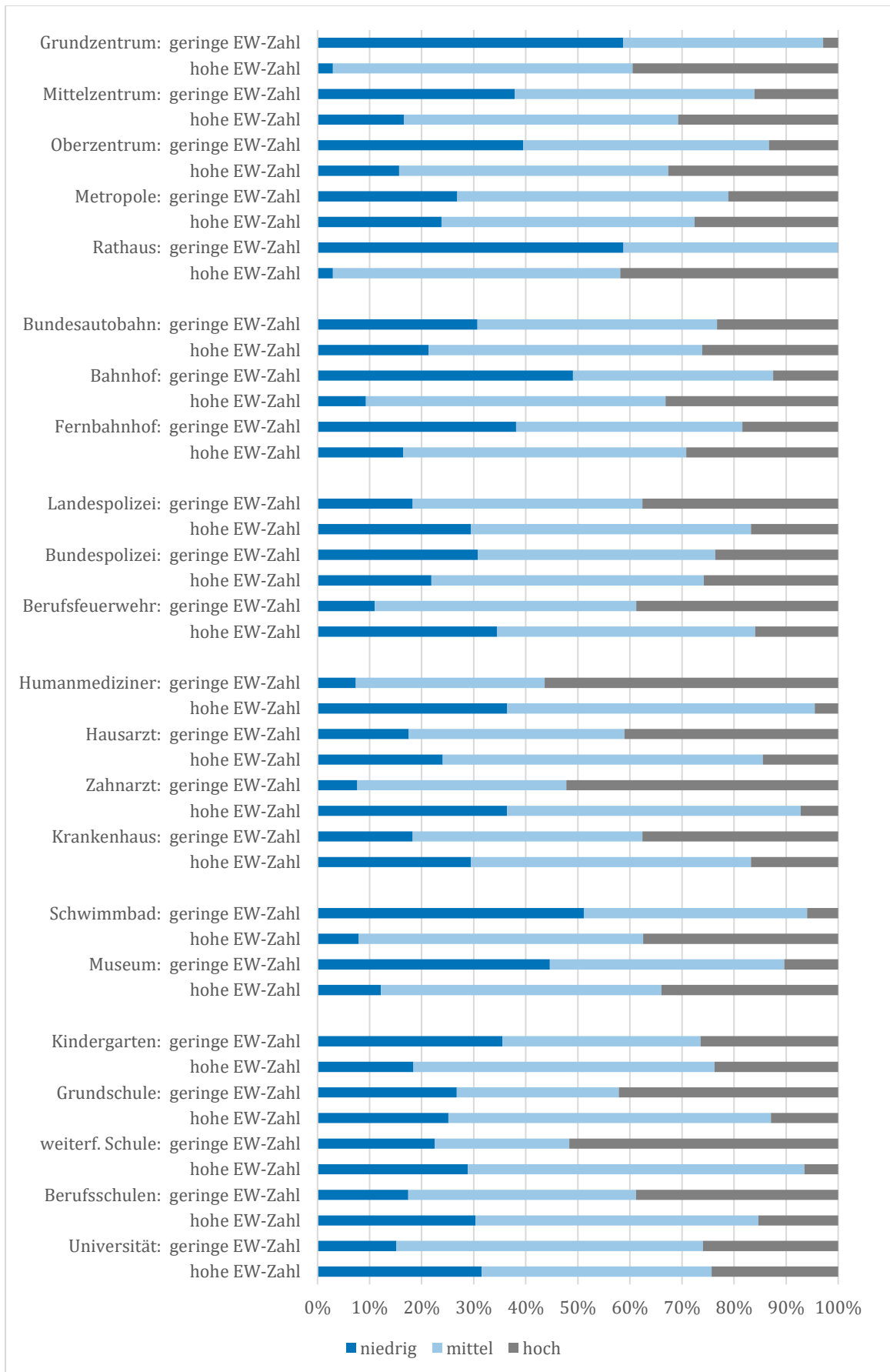


Abbildung 18: Aufteilung der drei Auslastungsklassen für die räumliche Prägung der Gemeinden nach Einwohnerzahl

4.3. Korrelation

Durch die Berechnung der Erreichbarkeit und Auslastung auf Adressebene lässt sich über alle Einwohner errechnen wie die beiden Werte für die jeweilige Zielinfrastruktur miteinander korrelieren (Abbildung 19). Dabei fällt auf, dass es ein Ziel (Oberzentrum) mit leicht negativem Korrelationskoeffizienten gibt, d.h. dass mit schlechter werdender Erreichbarkeit, die Auslastung abnimmt. Die meisten anderen Zieltypen haben einen Koeffizienten zwischen 0 und 0,1, was einen sehr leichten Zusammenhang andeutet, dass mit steigender Erreichbarkeitsdauer die zu erwartende Auslastung zunimmt. Dieser Effekt ist jedoch nicht sonderlich ausgeprägt. Allein Autobahnauffahrten, Rathäuser und Berufsfeuerwehren weisen eine etwas stärkere Korrelation mit einem Koeffizienten zwischen 0,2 und 0,3 auf.

Bei Betrachtung der Korrelationskoeffizienten nach den jeweiligen Bereichen gibt es zumindest einige Muster, die auffallen. Einige Bereiche, wie Gesundheit (mit Ausnahme der Krankenhäuser), Bildung und Erziehung sowie Freizeiteinrichtungen weisen alle einen ähnlichen Korrelationskoeffizienten auf. In anderen Bereichen wie Verkehrsknotenpunkten, Verwaltungs- und Dienstleistungszentren sowie Sicherheit streut die Korrelation hingegen stärker.

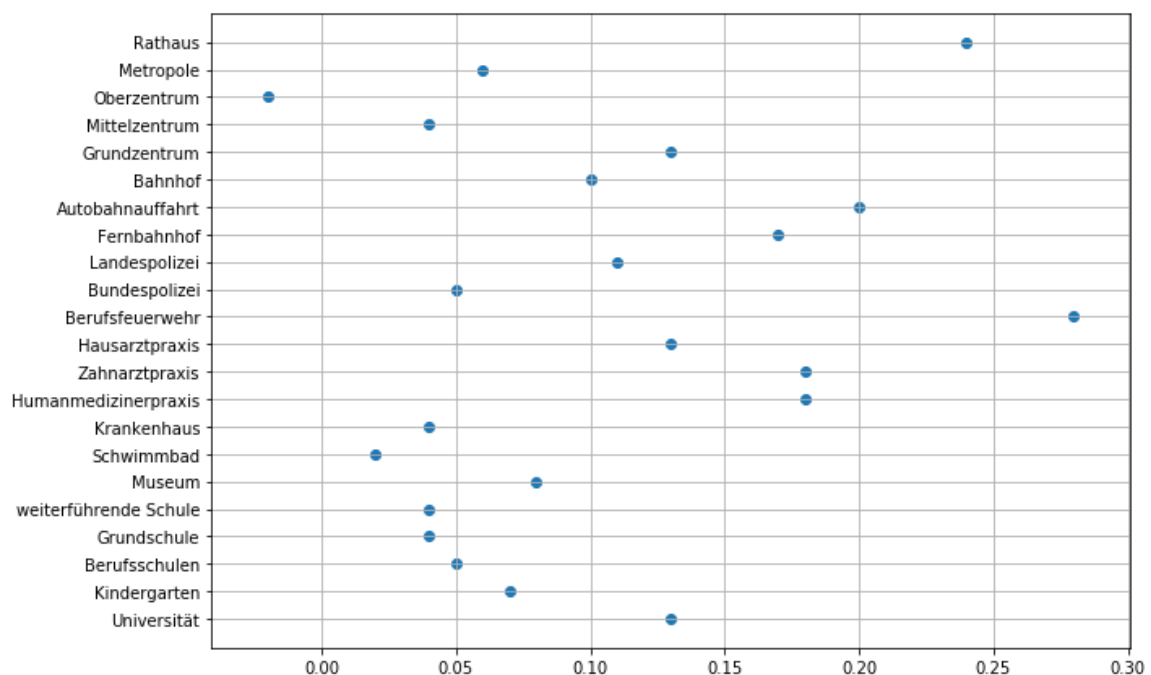


Abbildung 19: Übersicht über die Korrelationskoeffizienten sortiert nach den Infrastrukturbereichen

5. Detailanalyse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Analyse der insgesamt 22 Zielinfrastrukturen dargestellt – basierend auf den Steckbriefen im Anhang. Diese Zielinfrastrukturen werden dabei zusammenfassend über die sieben Bereiche Gesundheit, Bildung und Erziehung, berufliche Bildung, Sicherheit, Kultur und Freizeit, Verwaltungs- und Dienstleistungszentren sowie Verkehrsknotenpunkte betrachtet. Bei den Auswertungen beziehen sich in den Abbildungen und Tabellen alle statistischen Werte auf den schnellsten Modus.

Beachtet werden muss, dass alle Vergleichsaussagen anhand der Quantil-Einteilungen keine absoluten Wertungen darstellen, sondern sich relativ zur Verteilung über die Gesamtbevölkerung ergeben. So werden aufgrund der Methodik auch absolut betrachtet noch sehr kurze Fahrzeiten, wie etwa zu den Kitas, mitunter als relativ langsame Erreichbarkeit (gemessen an dem oberen 25%-Quantile) charakterisiert. Ferner werden relative Knappheiten anhand sehr einfacher Annahmen abgeleitet, die die konkrete Nachfragesituation nach einzelnen Infrastruktureinrichtungen vor Ort nur unscharf abbilden können. Beispielweise dürften bei Berücksichtigung überregionale Mobilität der Nachfrager, etwa bei Universitäten, die tatsächlichen Knappheitsrelationen anders ausfallen.

5.1. Gesundheit

Der Bereich Gesundheit umfasst 1.942 Krankenhäuser, 93.203 Humanmedizinische Praxen sowie die zwei Untergruppen Hausarztpraxen (41.165) und Zahnarztpraxen (41.079). Bei Krankenhäusern wird die Bettenzahl als verfügbarer Indikator für die Kapazität herangezogen werden. Die Knappheit aus Nutzersicht berechnet sich somit als Relation aus der Einwohnerzahl, die dasselbe nächstgelegene Krankenhaus ansteuert, zur verfügbaren Bettenzahl. Bei den medizinischen Praxen wird für das Knappheitsmaß auf das rivalisierende Nachfragepotenzial je niedergelassenem Arzt/Ärztin pro Praxis abgestellt. Dieses entspricht der Einwohnerzahl, für welche die jeweilige Praxis die nächstgelegene im Sinne der kürzesten Fahrtzeit darstellt.

Erreichbarkeit

Bei der Betrachtung der Erreichbarkeiten der hier betrachteten ärztlichen Praxen fällt die allgemein schnelle Erreichbarkeit auf (Abbildung 20 b – d). Sowohl hausärztliche als auch zahnärztliche Praxen sind fast überall in Deutschland mit dem Auto in nur wenigen Minuten erreichbar: 94,7 % der Einwohner erreichen eine Praxis in weniger als 5 Minuten mit dem Auto. Aber auch mit dem Fahrrad sind Praxen für den überwiegenden Teil der Bevölkerung (83,8 % der Einwohner) in weniger als 10 Minuten und selbst mit dem ÖPNV in weniger als 15 Minuten erreichbar (77,0 % der Einwohner), so dass ärztliche Einrichtungen im Schnitt eine geringe Entfernung für viele gesellschaftliche Schichten aufweisen. Es gibt auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten ärztlichen Fachrichtungen.

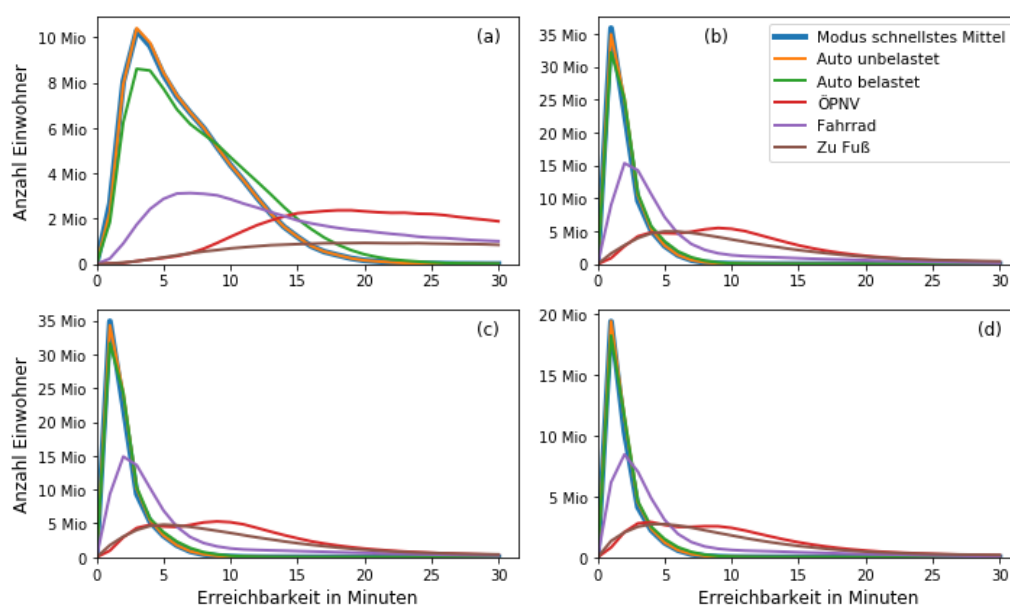
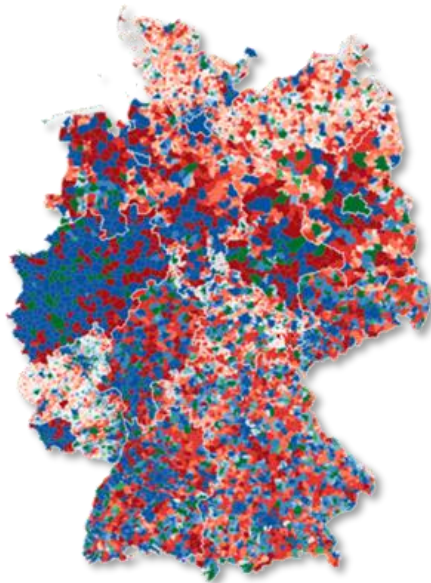


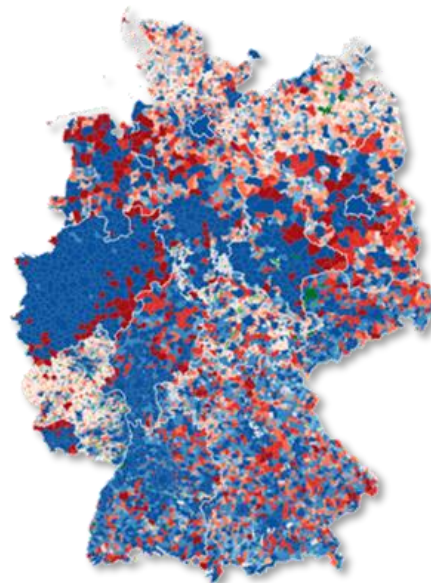
Abbildung 20: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Krankenhäusern (a), Hausärzteschaften (b), Zahnärzteschaften (c) und Humanmedizinern (d).

Im Gegensatz dazu zeigt sich bei den Krankenhäusern erwartungsgemäß auf Grund der geringeren Standortanzahl eine höhere Streuung der Erreichbarkeit (Abbildung 20a). Diese liegt mit dem Auto überwiegend zwischen wenigen Minuten und 15 Minuten (93,1 % der Einwohner benötigen weniger als 15 Minuten). Mit dem ÖPNV, also z.B. zu Besuchszwecken, sind Krankenhäuser dagegen nur für einen geringen Anteil der Bevölkerung in unter 15 Minuten erreichbar (16,8 % der Einwohner). Mit dem ÖPNV liegen die Fahrzeiten oft bei 25 bis 30 Minuten und mehr (60,6 % der Einwohner benötigen länger als 25 Minuten). Krankenhäuser (Mittelwert 6:40 Min, 1:57 Min und 2:03 Min), jedoch ist bei Betrachtung des 99 %-Quantils für die breite Masse der Einwohner die maximale Dauer bis zu einem Krankenhaus nur doppelt so hoch (19 Min statt 8 Min, 8 Min und 9 Min).

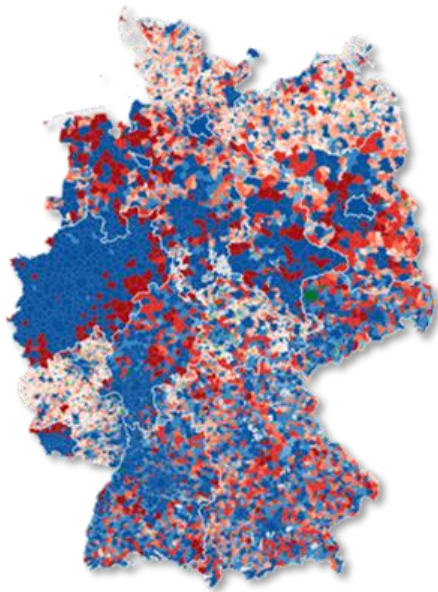
Bei der Analyse der räumlichen Verteilung der Erreichbarkeiten auf Gemeindeebene zeigt sich, dass die große Mehrheit (>97,5 %) der Kommunen in die „mittlere“ oder „langsame“ Erreichbarkeitskategorie bei allen drei Gruppen der medizinischen Praxen fallen (Abbildung 21 b - d). Dies scheint plausibel, da sich unterschiedlich lange Fahrzeiten innerhalb einer Gemeinde ausgleichen. Weniger als 2,5 % der Gemeinden fallen in die „schnelle“ Kategorie, da die Mehrheit ihrer Einwohner kurze Fahrzeiten zu medizinischen Praxen aufweisen. Diese Gemeinden mit auch im Mittel sehr kurzen Fahrzeiten sind tendenziell kleiner als die durchschnittliche Gemeinde in Deutschland mit 4.732 Einwohnern (humanmedizinische Praxis), 4.507 Einwohnern (hausärztliche Praxis) und – von den beiden vorherigen etwas abfallend – 5.893 Einwohnern (zahnärztliche Praxis) im Gegensatz zum bundesdeutschen Durchschnitt von 7.490 Einwohnern pro Gemeinde.



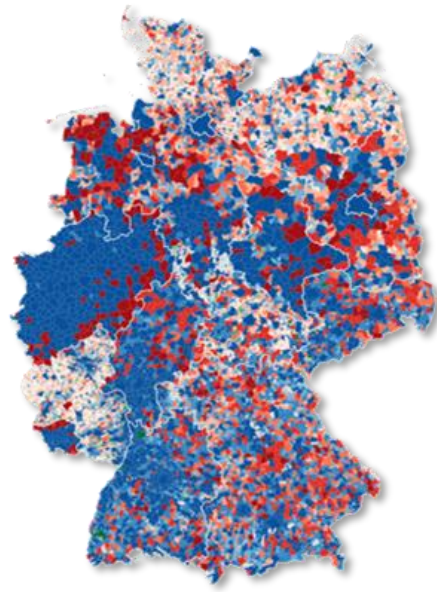
Krankenhäuser (a)



Hausarztpraxen (b)



Zahnarztpraxen (c)



Humanmedizinische Praxen (d)

Abbildung 21: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Krankenhäusern (a), Hausarztpraxen (b), Zahnarztpraxen (c) und humanmedizinischen Praxen (d)

Beim Vergleich der verschiedenen Praxistypen fällt auf, dass bei den zahnärztlichen Praxen ein höherer Anteil an Gemeinden in die „langsame“ Kategorie fällt (57,5 % oder 6352 Gemeinden im Vergleich zu 52,4 % oder 5.790 Gemeinden bei hausärztlichen Praxen bzw. 52,7 % oder 5.829 Gemeinden bei humanmedizinischen Praxen). Dies ist auf den ersten Blick plausibel: es deutet darauf hin, dass langsame Zahnärzterreichbarkeit tendenziell mit geringer Bevölkerungsdichte zusammentrifft (durchschnittlich 1.713 Einwohner in Gemeinden in dieser Erreichbarkeitsklasse). Gut erreichbare Zahnärzte sind dagegen offenbar häufiger in mittleren Gemeindegrößen und Ballungszentren anzutreffen.

Bei der Betrachtung für Krankenhäuser auf Gemeindeebene verdichtet sich der Eindruck, dass lange Fahrzeiten gehäuft in dünner besiedelten Regionen auftreten: Knapp 60 % der Gemeinden in Deutschland fallen in ihrem Mittel in die „langsame“ Kategorie mit Fahrtzeiten von über 9 Minuten und haben gleichzeitig im Durchschnitt lediglich 2.975 Einwohner. Auffällige Ausnahmen dazu sind Nordrhein-Westfalen und einige größere Städte, in denen die Krankenhäuser vergleichsweise schnell (in weniger als 3 Minuten) erreichbar sind. Insgesamt fallen jedoch weniger als 5 % (461 Stück) der Gemeinden in die „schnelle Kategorie“, diese sind jedoch überdurchschnittlich groß und können daher eher urbanen Regionen zugeordnet werden (durchschnittlich über 32.000 Einwohnern).

Auslastung

Ähnlich wie bei der Erreichbarkeit zeigt sich bei der Auslastung, dass die Werte für die medizinischen Praxen sich in einem gemeinsamen Wertebereich befinden und nur die Krankenhäuser auf Grund ihrer unterschiedlichen infrastrukturellen Funktion eine andere Situation aufweisen. Das Nachfragepotenzial für die nächstgelegenen haus- und zahnärztlichen Praxen schwankt überwiegend zwischen 750 und 3.000 Personen (für 89,9 % der Einwohner) pro Arzt/Ärztin, bei Humanmedizinern zwischen 250 und 2.500 (für 93,9 % der Einwohner). Das Nachfragepotenzial je Krankenhausbett liegt überwiegend zwischen 1.000 und 40.000 Einwohnern pro 100 Betten mit einer durchschnittlichen Nachfrage von 274 Einwohnern pro Bett.

Vor allem für Gemeinden in Nordrhein-Westfalen und in den ostdeutschen Bundesländern beobachten wir eher ein geringes rivalisierendes Nachfragepotenzial je Krankbett (74,5 % der Gemeinden in NRW und 80,9 % der Gemeinden in ostdeutschen Bundesländern fallen nicht in die „hohe“ Nachfragekategorie). Im Gegensatz dazu besteht eine potentiell hohe rivalisierende Nachfrage in deutlich mehr Gemeinden in Niedersachsen, Bayern und Baden-Württemberg (53,2 %, 43,1 % und 57,9 % der Gemeinden in diesen Bundesländern fallen in die „hohe“ Auslastungskategorie). Die Zuteilung nach den Auslastungsklassen ist über ganz Deutschland sehr heterogen, so dass sich die Situation in allen Bundesländern von Gemeinde zu Gemeinde stark unterscheiden kann.

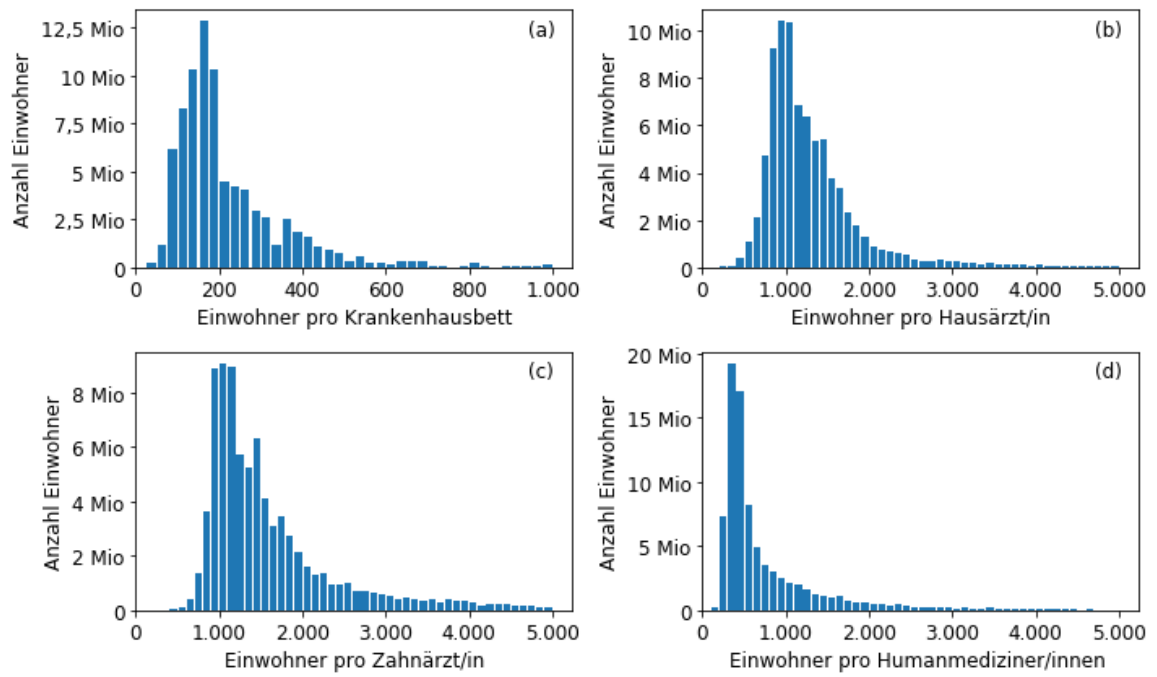
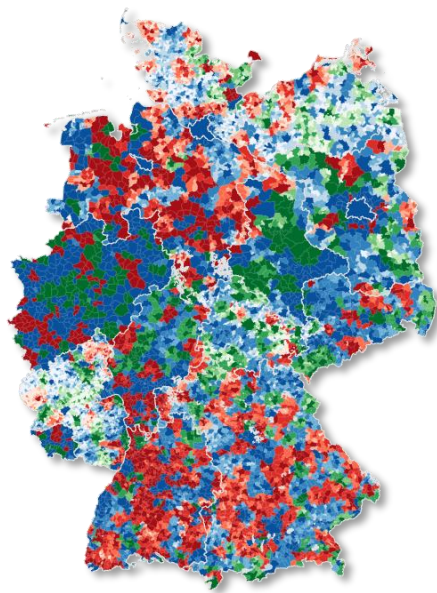
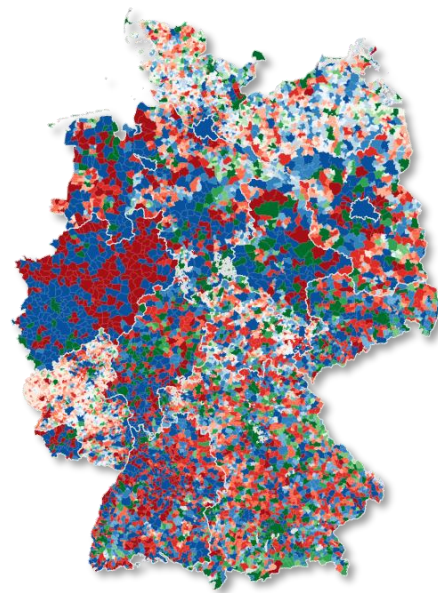


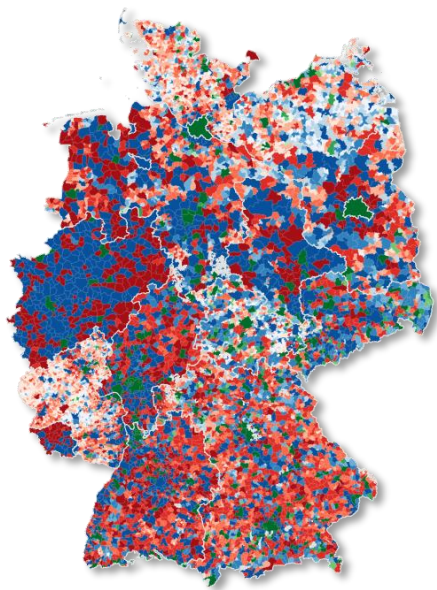
Abbildung 22: Histogramm der Nachfrage von Krankenhäusern (a), Hausarzt/innen (b), Zahnarzt/innen (c) und Humanmediziner/innen (d)



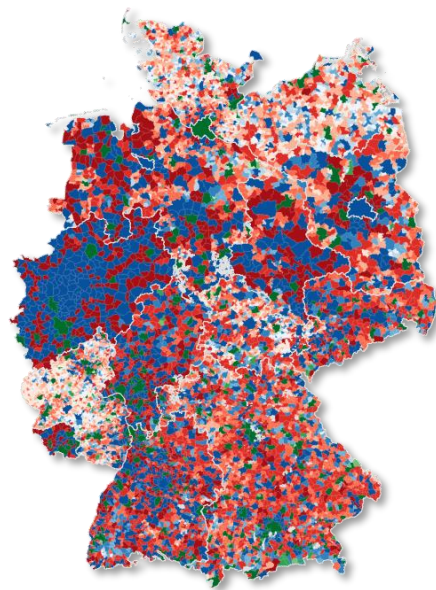
Krankenhäuser (a)



Hausarzt/innen (b)



Zahnärzt/innen (c)

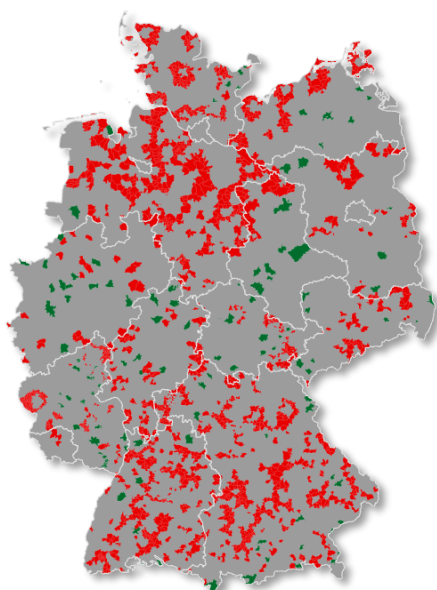


Humanmediziner/innen (d)

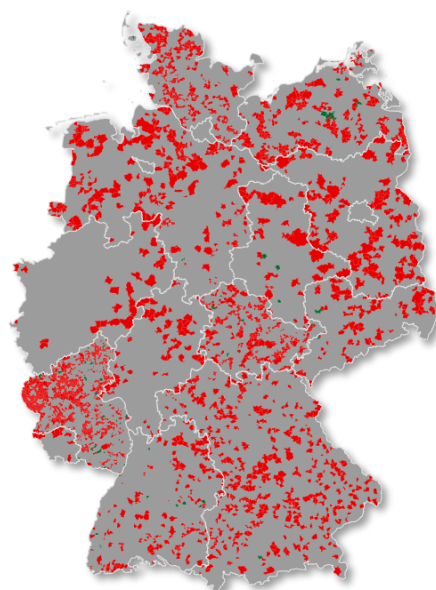
Abbildung 23: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Krankenhäusern (a), Hausarzt/innen (b), Zahnärzt/innen (c) und Humanmediziner/innen (d)

Hot- und Cold-Spots

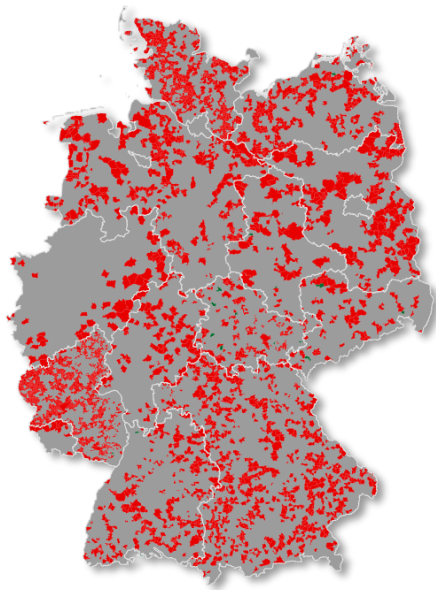
Besonders bei den Humanmediziner/innen und Zahnärzt/innen kommt es vergleichsweise häufig zu der ungünstigen Kombination aus langsamer Erreichbarkeit und hoher Auslastung: 10,6 % der Einwohner sind von dieser Kombination betroffen; bei einer Gleichverteilung der Einwohner auf alle Kombinationsmöglichkeiten läge dieser Wert nur bei 6,25 %. Diese Menschen leben in eher dünn besiedelten Regionen, da auf Gemeindeebene knapp 38 % der Gemeinden in diese Kategorie fallen. Im Gegensatz dazu ist die positive Kombination in Deutschland unterrepräsentiert; nur knapp 1 % der Gemeinden sind in diese Kombination einsortiert wurden. Positiv zu vermerken ist, dass fast 60 % der Bürger/innen eine mindestens mittlere Erreichbarkeit und Auslastung bei Praxen und Krankenhäusern vorfinden. Dieser Wert liegt leicht über dem erwarteten Wert bei einer Normalverteilung von 56,25 %. Bei ansonsten sehr gleichmäßiger Verteilung der ungünstigen Klassenkombination über alle Bundesländer, gibt es hiervon vor allem in Nordrhein-Westfalen und dem Saarland nur eine geringe Anzahl (10,4 % und 15,4 % der Gemeinden im Vergleich zu deutschlandweit 37,9 %).



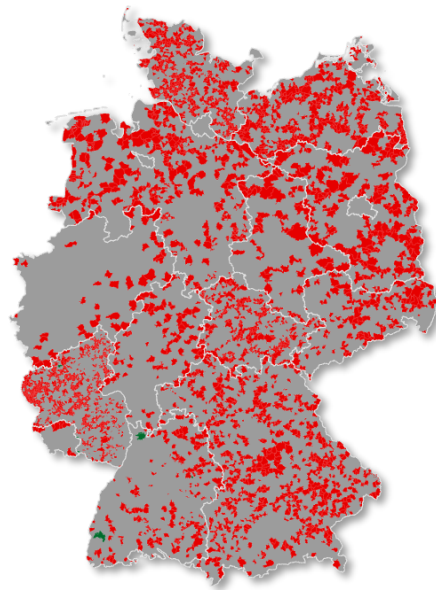
Krankenhäuser (a)



Hausarzt/innen (b)



Zahnärzt/innen (c)



Humanmediziner/innen (d)

Abbildung 24: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Krankenhäusern (a), Hausärzt/innen (b), Zahnärzt/innen (c) und Humanmediziner/innen (d)

5.2. Bildung & Erziehung

Der Bereich Bildung und Erziehung umfasst die Verfügbarkeit von Kindergärten, Grundschulen und weiterführenden Schulen. Hierfür sind durchgängig Schüleranzahlen je Schule bzw. Kindergartenplätze je Kindergarten als Angebotsindikatoren verfügbar, sodass erwartete Auslastungsindikatoren ermittelt werden konnten. Für die Darstellung der nachfragenden Kinder und Schüler/innen wurde auf die Bevölkerungsdaten nach Altersklassen zurückgegriffen, um deren Anzahl abzubilden. So wurden für Kindergärten die Kinder zwischen drei und sechs Jahren, für Grundschulen zwischen sechs und zehn Jahren und für weiterführende Schulen zwischen zehn und achtzehn Jahren als der entsprechenden Einrichtung zugeordnet. Dies erzeugt gerade für Kindergartenplätze eine gewisse Unschärfe.

Erreichbarkeit

Anhand der Verteilungskurven der Erreichbarkeit ist generell eine gute Erreichbarkeit erkennbar, die für Kindergärten etwas besser ausfällt als für Grund- und weiterführende Schulen. Für fast alle Kinder sind Kindergärten in weniger als 5 Minuten mit dem Auto (98,7 % der Kinder) und in weniger als 10 Minuten mit dem Fahrrad zu erreichen (92,7 % der Kinder). Vergleichbare Zeiten ergaben sich auch für einen sehr hohen Anteil der Grundschüler/innen (98,7% bzw. 83,0 % der Kinder). Die weiterführenden Schulen sind für fast alle Schüler/innen im Auto in weniger als 10 Minuten zu erreichen (97,9 % der Kinder). Mit dem öffentlichen Nahverkehr sind aber knapp 54% der

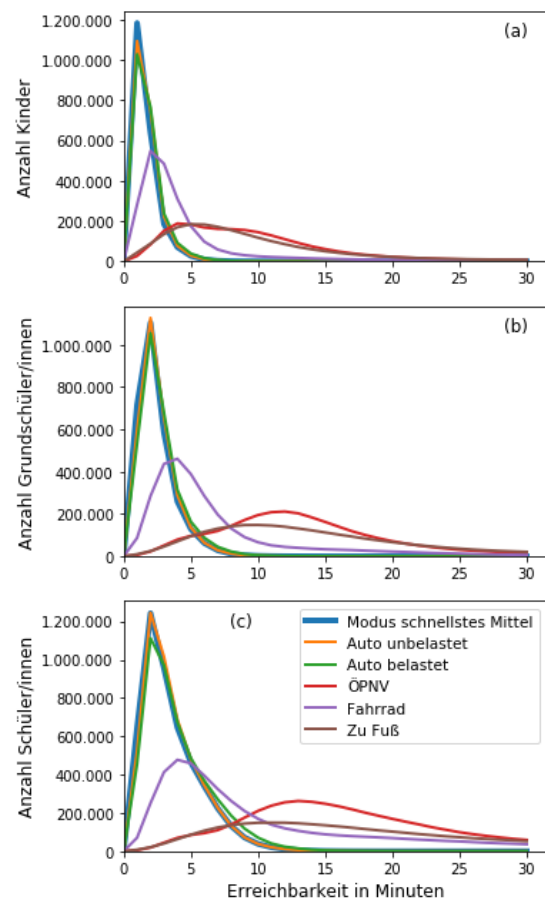


Abbildung 25: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c)

Schüler/innen mehr als 15 Minuten unterwegs. Ein knappes Drittel (32,8 %) der Kinder benötigt mehr als 20 Minuten mit dem ÖPNV. Besonders schnell lassen sich Kindergärten nur in wenigen Gemeinden (469 Gemeinden), darunter in einigen größeren Städten wie beispielsweise Frankfurt und Stuttgart, erreichen. Im Vergleich zu Kindergärten und weiterführenden Schulen fallen bezogen auf die Grundschulen mehr Gemeinden in die schnelle Erreichbarkeitsklasse (851 Gemeinden oder 7,7 % der Gemeinden in Deutschland). Der Anteil solch „schneller“ Gemeinden für Grundschulen ist besonders in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg (15,0 % und 15,9 % der Gemeinden) recht hoch. In Bayern, Niedersachsen, Brandenburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern befinden sich relativ viele Gemeinden für Kindergärten – aber so ähnlich auch für die anderen beiden Bildungseinrichtungen – in der langsamen Erreichbarkeitsklasse (45,6 %, 49,6 %, 54,9 %, 62,6 %, 66,7 % der Gemeinden in langsamer Erreichbarkeitsklasse).

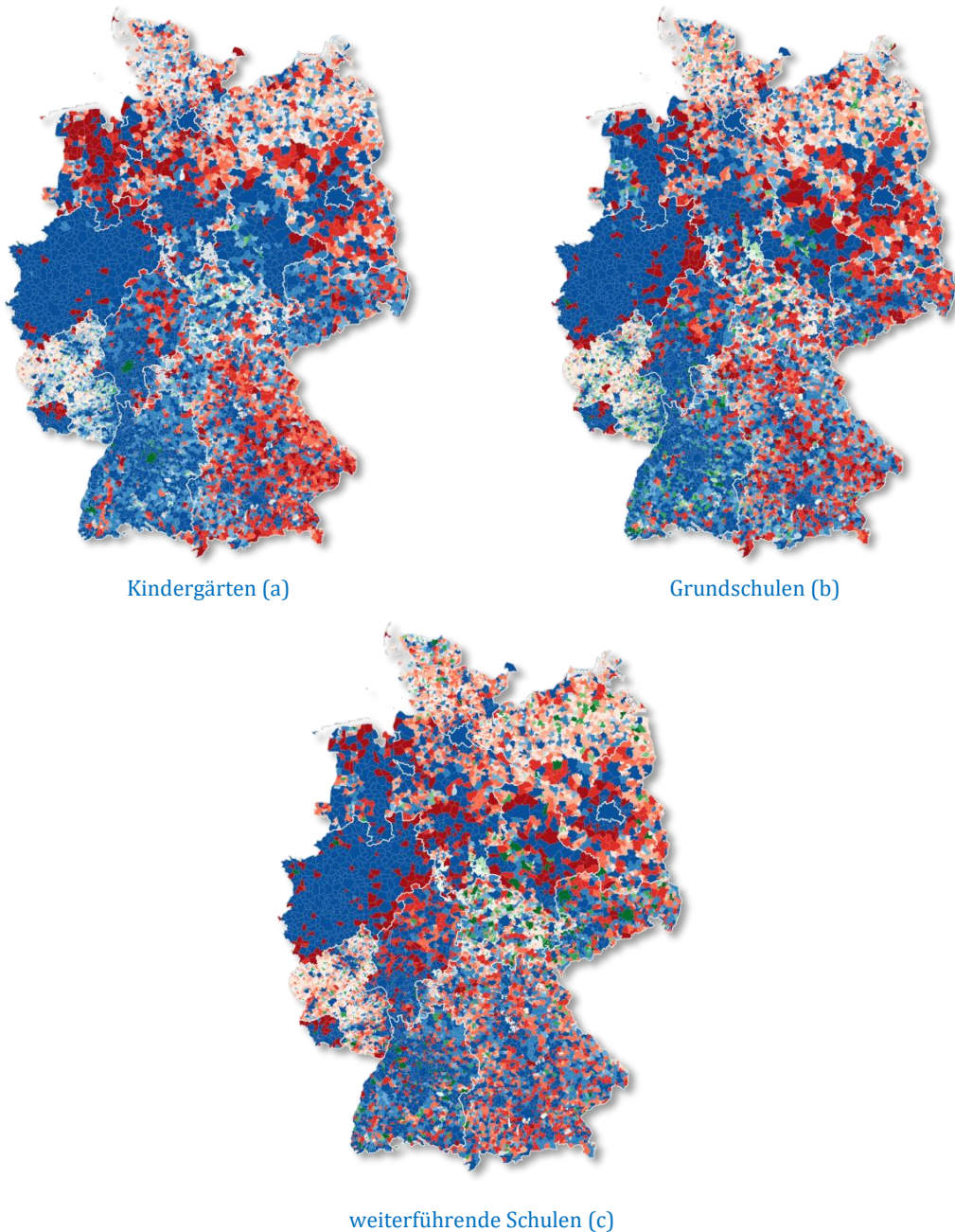


Abbildung 26: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c)

Auslastung

Das berechnete Nachfragepotenzial je Kindergartenplatz liegt fast überall in Deutschland bei unter einem Kind (96,6 % der betroffenen Kinder); das Angebot an Kindergartenplätzen entspricht somit der potenziellen Nachfrage oder ist sogar höher. Zu berücksichtigen sind allerdings sowohl die stellenweise lückenhafte Datengrundlage für die Anzahl der Kindergartenplätze pro Einrichtung, als auch die Problematik der zu bestimmenden möglichen Kindergartenkinder. Somit sind die Ergebnisse zwar geeignet, grundsätzliche Unterschiede in der Verfügbarkeit abzubilden. Sie lassen sich aber nicht zur Bewertung der konkreten Situation vor Ort heranziehen.

Bei den Grundschulen liegt die Auslastung überwiegend nur leicht unter bzw. leicht über einem Kind je Schulplatz (82,1 % der betroffenen Schüler/innen haben eine zu erwartende Auslastung zwischen 75 % und 125 %). Bei den weiterführenden Schulen variiert das Nachfragepotenzial deutlich stärker: Rund ein Fünftel der Schüler/innen sind an ihrer nächstgelegenen weiterführenden Schule mit einer potentiellen Auslastung von über 200 % konfrontiert. Gleichzeitig finden 24,3 % der Schüler/innen eine theoretische Unterauslastung an ihrer weiterführenden Schule vor. Dünn besiedelte Regionen haben tendenziell mit einer hohen Auslastung bei Grundschulen und weiterführenden Schulen zu rechnen, da jeweils rund 50 % der Gemeinden in Deutschland in die hohe Nachfragekategorie fallen, im Gegensatz zu nur rund einem Viertel bei Kindergärten.

In sehr vielen Regionen wird auf Basis der Methodik ein potentiell geringes rivalisierendes Nachfragepotenzial beim nächstgelegenen Kindergartenplatz ermittelt, insbesondere in den ostdeutschen Ländern (59,8 % der Gemeinden in den ostdeutschen Bundesländern fallen in die geringe Auslastungskategorie), Baden-Württemberg (60,1 %) und Rheinland-Pfalz (32,0 %).

Bei den Grundschulen ist die ermittelte Knappheit der Schulplätze für viele Kinder in städtischen Gebieten (u.a. Berlin) relativ gering. Darüber hinaus werden für die Grundschulauslastung in Brandenburg (87,3 % der Gemeinden in geringer Auslastungskategorie), Sachsen (64,0 %), Hessen (31,2 %) und dem Saarland (90,4 %) relativ geringe Werte ausgewiesen. Relative Knappheiten bei den Grundschulen werden vor allem für Gemeinden in Baden-Württemberg (53,1 %) und Bayern (62,8 %) ermittelt. Bei weiterführenden Schulen ist das rivalisierende Nachfragepotenzial (auf Gemeindeebene aggregiert) in vielen Ländern klar erkennbar überdurchschnittlich (Bayern: 65,4 %, Baden-Württemberg: 61,2 %, Hessen: 62,9 %, Saarland: 76,9 % der Gemeinden in Klasse mit hoher Auslastung).

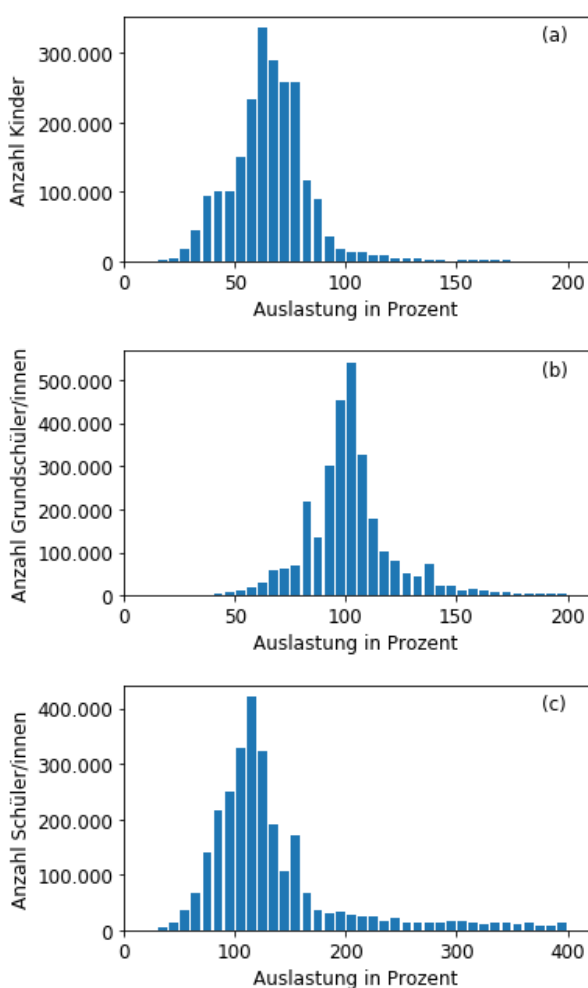


Abbildung 27: Histogramm der Nachfrage von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c)

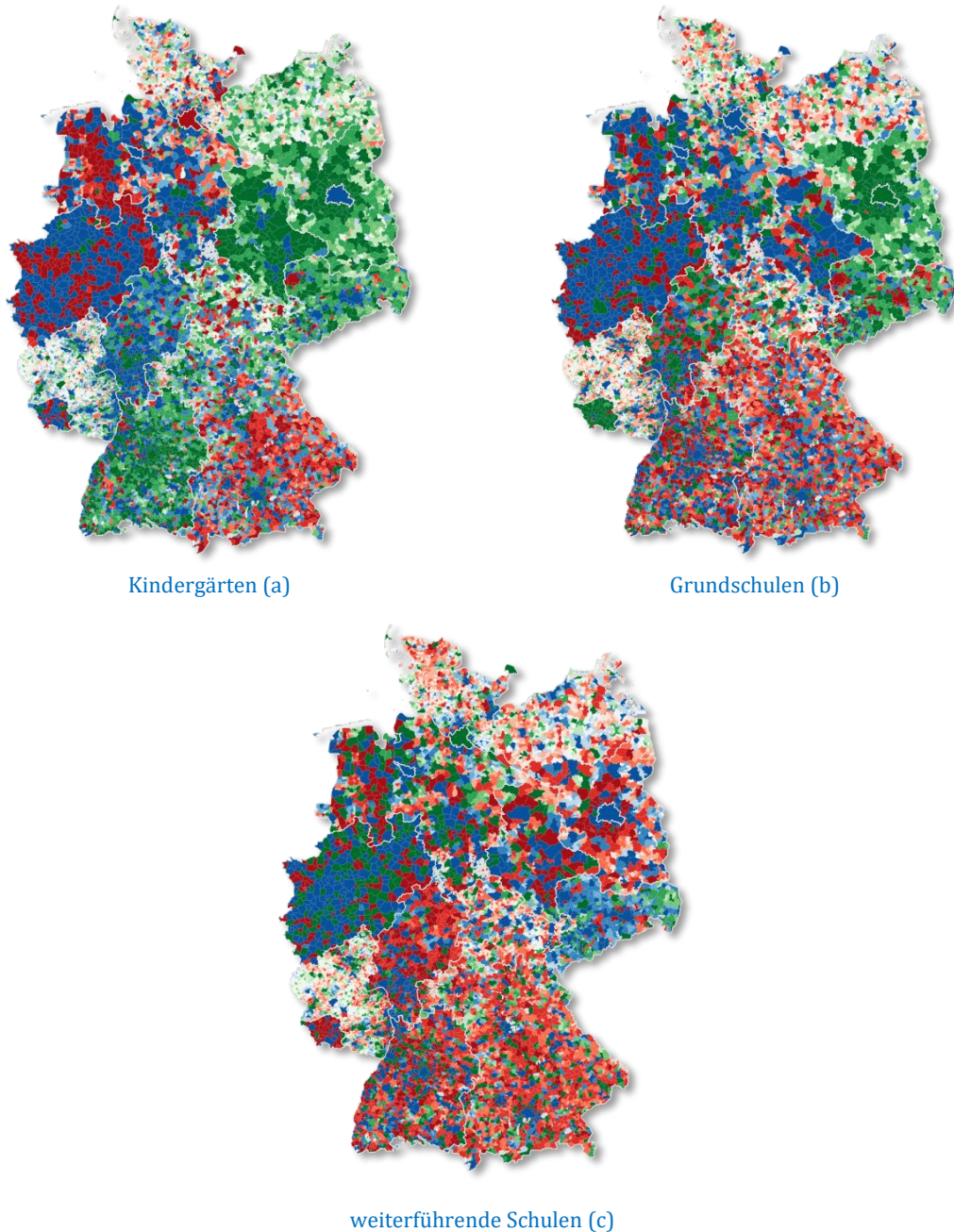


Abbildung 28: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c)

Hot- und Cold-Spots

Besonders ungünstige Kombinationen aus hohem rivalisierendem Nachfragepotenzial und langsamer Erreichbarkeit (Fahrzeiten mit dem Auto von mehr als 2 Minuten und mehr als 80 % Nachfrage je Kindergartenplatz, mehr als 3 Minuten Fahrzeit und mehr als 110 % Nachfrage nach Schulplätzen) finden sich eher in ländlicheren Gebieten. Sie verteilen sich bei den Kindergärten eher auf Kinder in Gemeinden in Südbayern, Nordniedersachsen und Schleswig-Holstein. Bei den Grundschulen sind in Bayern ungünstigere Kombinationen zu beobachten, ferner auch in Rheinland-Pfalz. Für Gemeinden in Niedersachsen sind bei Grundschulen dagegen den Berechnungen zufolge häufiger günstigere Wertkombinationen festzustellen als bei Kindergärten. Sehr gute Kombinationen für die Kindergärten gibt es nur in wenigen größeren Städten und gehäuft in einigen Gemeinden in Thüringen und Rheinland-Pfalz. Bei den weiterführenden Schulen gibt es offenbar weitverbreitete Peripheriestrukturen mit langsamer Erreichbarkeit und relativ hoher erwarteter Auslastung der nächstgelegenen Schule (Ausnahmen sind Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Niedersachsen), vor allem in tendenziell dünn

besiedelten Bereichen. Über 60 % der Schüler/innen haben jedoch eine mindestens mittlere Erreichbarkeit (Fahrzeiten von max. 5 Minuten per Auto und ein rivalisierendes Nachfragepotenzial von max. 1,7 je Schulplatz).

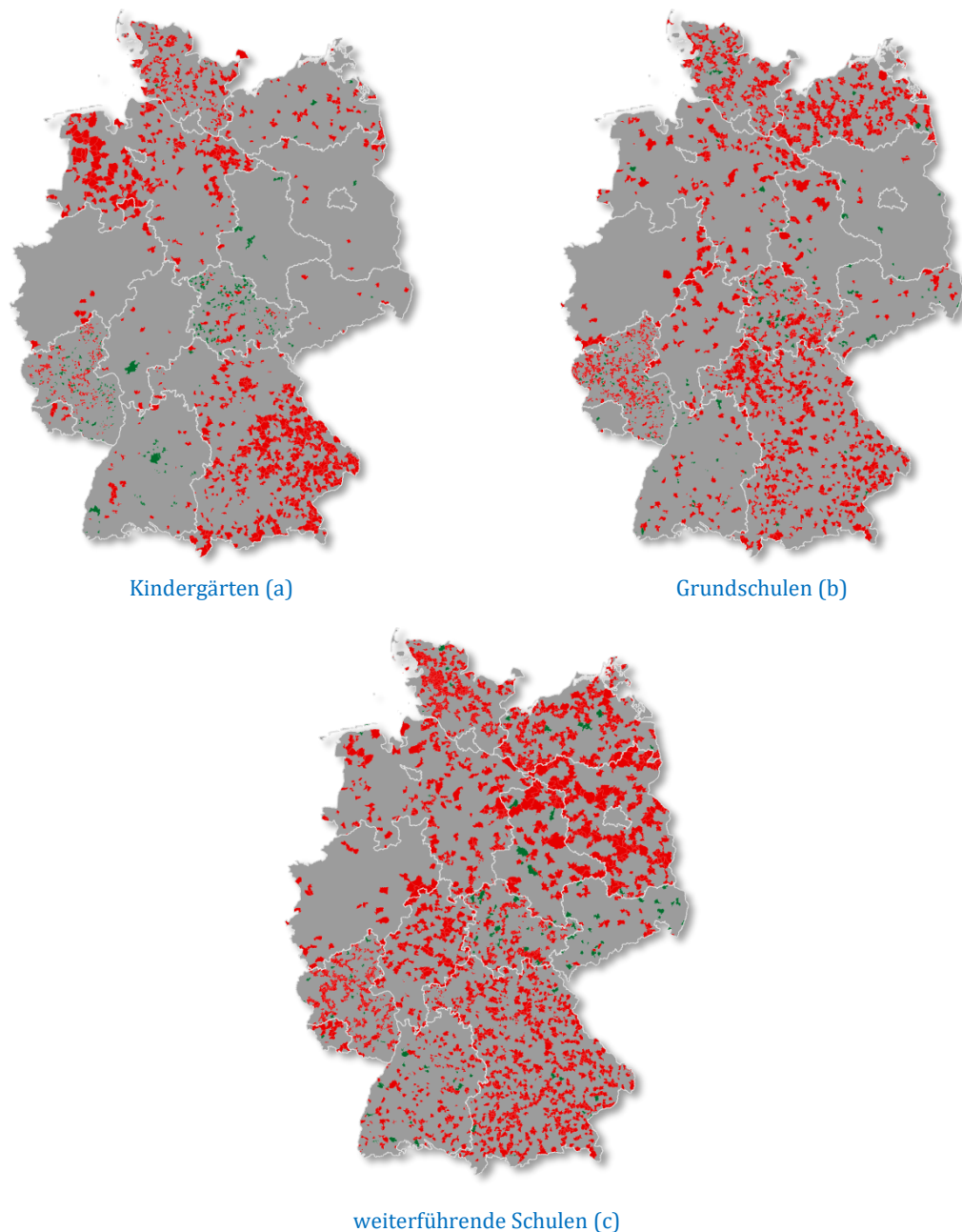


Abbildung 29: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Kindergärten (a), Grundschulen (b) und weiterführende Schulen (c).

5.3. Berufliche Bildung

Diese Infrastrukturkategorie umfasst Berufsschulen und Universitäten inklusive Hochschulen. Bei Berufsschulen kann die erwartete Auslastung anhand der gemeldeten Schülerzahlen ermittelt werden. Diese Kapazitätsangaben werden mit der Gesamtzahl der Menschen in Deutschland im Alter zwischen 15 und 17 Jahren verglichen. Bei Universitäten inklusive Hochschulen hingegen wurde als Zielgruppe die gesamte Bevölkerung in Deutschland angesetzt. Die tatsächliche Zielgruppe ist sowohl für Berufsschulen als auch Universitäten inklusive Hochschulen wohl deutlich kleiner: Nicht alle 15 bis 17-Jährigen möchten eine Berufsschule besuchen bzw. nicht alle Personen eines Abschlussjahrgangs besuchen anschließend eine Universität bzw. Hochschule. Vor allem bei den Universitäten inklusive Hochschulen sind daher die Angaben zur Nachfrage als obere Schwellwerte zu sehen, da sicherlich nur ein kleiner Teil der Bevölkerung, der bereits eine Berufsausbildung abgeschlossen hat bzw. noch in die Schule geht, sich als Gasthörer in eine Universität bzw. Hochschule einschreibt.

Erreichbarkeit

75 % der Einwohner in Deutschland erreichen die nächstgelegene Universität bzw. Hochschule in gut 20 Minuten. Die „schnellsten“ 25 % erreichen eine Universität bzw. Hochschule sogar in unter 7 Minuten. Bis zu einer Fahrtzeit von 30 Minuten ist für eine höhere Anzahl an Bürger/innen das Fahrrad (neben dem Auto) schneller als der ÖPNV (32,1 % zu 26,4 % der Einwohner). Bei Fahrtzeiten bis zu einer Stunde gewinnt der ÖPNV an Relevanz gegenüber dem Fahrrad, d.h. für 60,3 % (ÖPNV) bzw. 49,5 % (Fahrrad) der Einwohner ist die nächstgelegene Universität bzw. Hochschule innerhalb von 60 Min erreichbar. Einwohner in Ballungsgebieten erreichen eine Universität bzw. Hochschule schneller als Menschen in ländlichen Regionen. Im Vergleich zu Universitäten und Hochschulen sind Berufsschulen schneller zu erreichen: 92,8 % der Zielgruppe (junge Erwachsene 15-17 Jahre) erreichen eine Berufsschule in unter 15 Minuten und 99,9 % in weniger als 30 Min. Bei der räumlichen Verteilung der Erreichbarkeit von Berufsschulen zeigt sich auf den ersten Blick ein ähnliches Bild wie bei den Universitäten und Hochschulen. Im Detail sind die unterschiedlichen Klassen aber heterogener verteilt, da Berufsschulen mehr als zehnmals so häufig wie Universitäten inklusive Hochschulen sind. Jedoch fällt auf, dass insbesondere im Norden und Osten Deutschlands (mit Ausnahme Sachsens) viele Gemeinden der langsamen Erreichbarkeitsklasse zugeordnet werden.

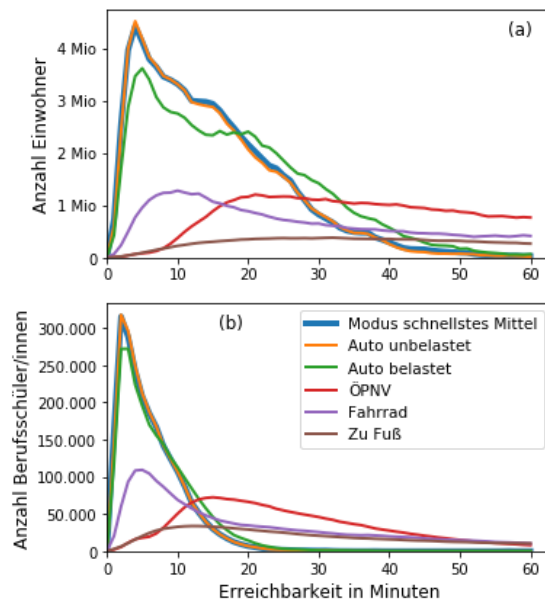
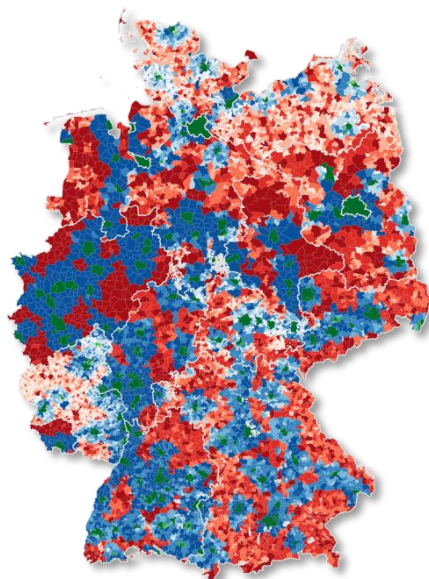
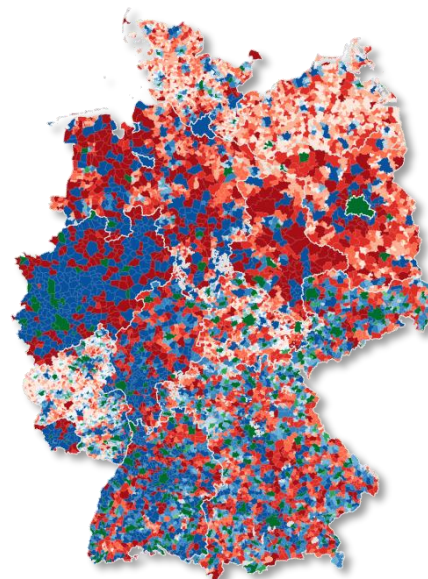


Abbildung 30: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Universitäten / Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)



Universitäten (a)



Berufsschulen (b)

Abbildung 31: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Universitäten / Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)

Auslastung

Da die Gesamtbevölkerung in Deutschland auf die ca. 400 Universitäten und Hochschulen verteilt wird, sind die berechneten Nachfragewerte entsprechend hoch: 75 % der Einwohner in Deutschland teilen sich ihre nächstgelegene Universität bzw. Hochschule mit bis zu rund 360.000 anderen Menschen. Ein hohes Nachfragepotential je Universität zeigt sich ganz im Westen von Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen an der Grenze zu den Niederlanden und Belgien. Hohes Nachfragepotential wird auch im Südosten von Bayern, im Westen von Mecklenburg-Vorpommern sowie Teilen Brandenburgs und Bayerns ausgewiesen. Diese Regionen

sind auffallend häufig Grenzregionen. Dies sind nicht die großen Ballungsgebiete, in welchen teilweise mehrere Universitäten sowie Hochschulen angesiedelt sind und die eine eher geringe Nachfrage aus dem Einzugsgebiet aufweisen (gering bedeutet hier < 170.000 Einwohner). Die in der Regel überregionale Mobilität der Studenten je nach Fachausrichtung dürfte die tatsächliche Nachfragesituation allerdings verschieben.

Die aus Sicht der einzelnen Schüler/innen zu erwartenden Auslastung der nächstgelegenen Berufsschule ist deutschlandweit sehr unterschiedlich: Ein Viertel der Schüler/innen treffen nach den hier durchgeführten Berechnungen bei ihrer nächstgelegenen Berufsschule nur auf eine Auslastung von gut 70 %. Gleichzeitig hat die nächstgelegene Berufsschule für ein weiteres Fünftel der Schüler/innen eine Überauslastung von mindestens 230 %, d.h. die potenzielle Nachfrage ist mindestens doppelt so hoch wie die Kapazität. Die räumliche Verteilung der Auslastung der Berufsschulen lässt keine starken Ungleichheiten erkennen. Teile Bayerns haben demzufolge eine eher hohe Auslastung, während weite Bereiche in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen eine geringe bis mittlere Auslastung aufweisen.

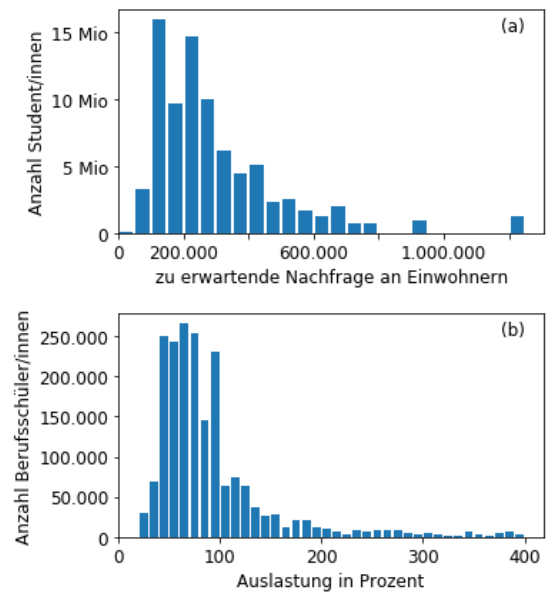


Abbildung 32: Histogramm der Nachfrage von Universitäten / Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)

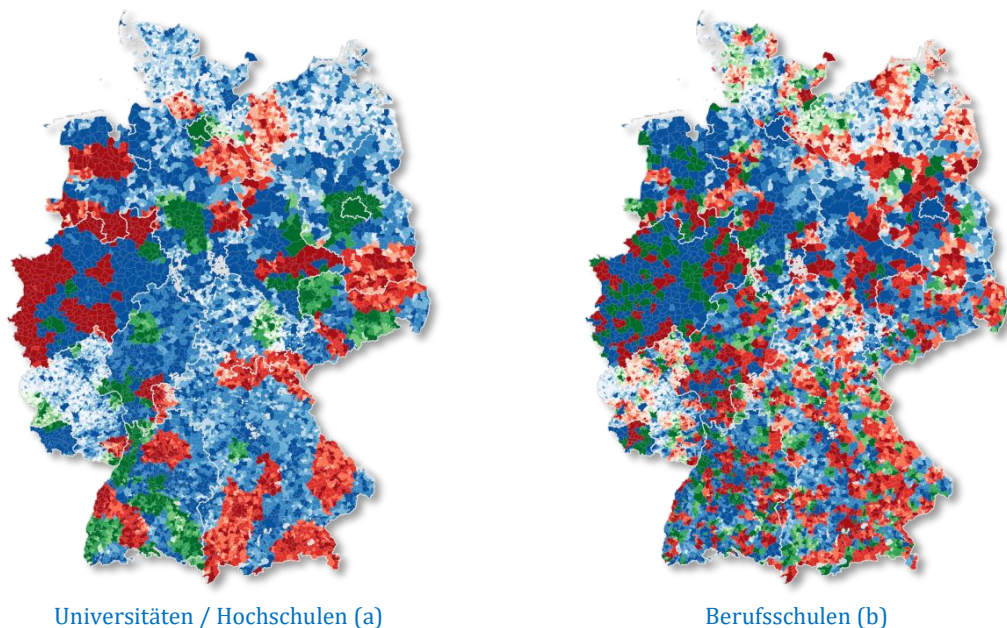


Abbildung 33: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Universitäten inklusive Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)

Hot- und Cold-Spots

In der Kombination treten bei Universitäten und Hochschulen ungünstige Kombinationen aus langsamer Erreichbarkeit und hoher Nachfrage leicht gehäuft auf (8,5 vs. 6,3 %). Von dieser ungünstigen Kombination sind rund 7 Mio. Einwohner betroffen. Im Vergleich dazu gibt es eine größere Häufung an günstigen Kombinationen aus schneller Erreichbarkeit und geringer Nachfrage (10,8 vs. 6,3 %). Von dieser günstigen Kombination sind 8,9 Mio. Einwohner betroffen. Ähnliches gilt für die Berufsschulen, wobei die günstige Kombination etwas weniger häufig vorkommt (8,3 vs. 10,8 % bei den Universitäten). Für Berufsschulen gilt: Günstige und ungünstige

Kombination betreffen etwa gleich viele Schüler/innen in Deutschland (je ca. 190.000 Schüler/innen bzw. ca. je 8 % in der ungünstigen bzw. günstigen Kombination).

Die günstigen Kombinationen aus kurzer Erreichbarkeit und geringer Nachfrage treten u.a. in Berlin und Hamburg auf, da sich dort die Nachfrage aus dem unmittelbaren Einzugsgebiet auf relativ viele Universitäten bzw. Hochschulen verteilt. Die ungünstige Kombination findet sich in Kommunen quer durch Deutschland, v.a. auch in flächenmäßig größeren Kommunen, die keine Universität bzw. Hochschule in unmittelbarer Nähe haben. Um Zentren sind klare Peripheriestrukturen mit ungünstigeren Kombinationen erkennbar

Die günstige Kombination konzentriert sich bei Berufsschulen auf wenige Gemeinden mit relativ hoher Schüleranzahl, mehrheitlich im Süden und Westen. Die Schüler/innen in der ungünstigen Kombination verteilen sich auf deutlich mehr Gemeinden, weniger gehäuft im Nordwesten. Auch hier sind um Zentren klare Peripheriestrukturen mit ungünstigeren Kombinationen erkennbar.

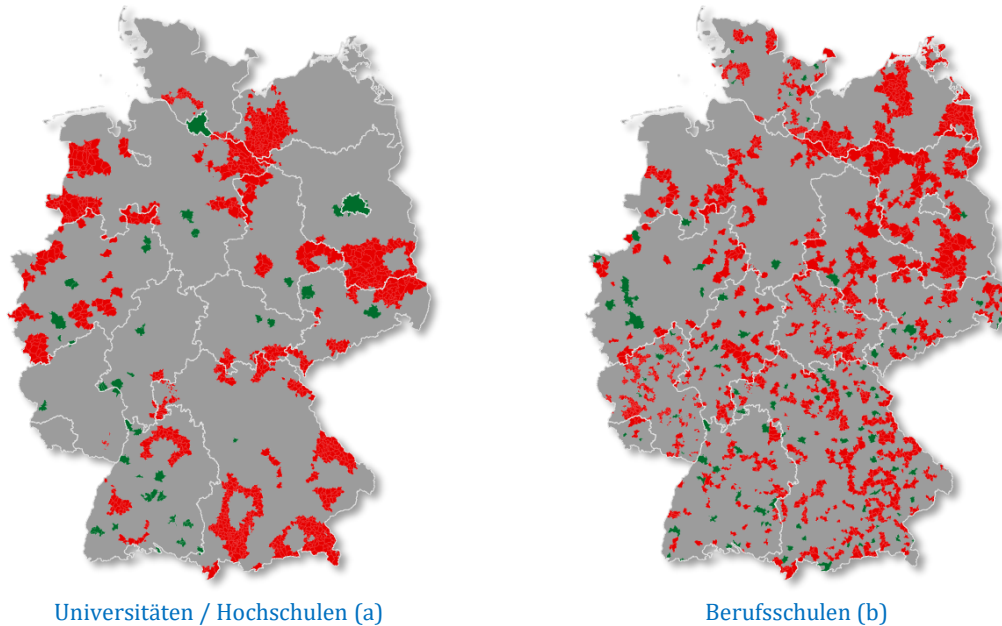


Abbildung 34: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Universitäten inklusive Hochschulen (a) und Berufsschulen (b)

5.4. Sicherheit

Diese Infrastrukturkategorie umfasst Einrichtungen der Bundespolizei, der Landespolizei sowie Standorte der Berufsfeuerwehren. Bundespolizeistellen haben besondere Aufgaben, wie die Sicherung von Flughäfen und Bahnhöfen, den Grenz- und Objektschutz sowie die internationale Kriminalitätsbekämpfung. Entsprechend verteilen sich die knapp 300 Standorte relativ großflächig über das ganze Bundesgebiet. Berufsfeuerwehren haben in etwa gleich viele Standorte. Die verpflichtende Einrichtung einer Berufsfeuerwehr in einer Kommune ist in den Bundesländern unterschiedlich geregelt. Maßgeblich sind vor allem die Einwohnerzahl (z.B. 100.000 Einwohnern in Hessen, Thüringen und Baden-Württemberg) und der Stadtstatus. Dienststellen der Landespolizei sind demgegenüber vergleichsweise engmaschig über das Bundesgebiet verteilt (knapp 4.000 Standorte). Bei der Interpretation der Ergebnisse für die Berufsfeuerwehren muss man berücksichtigen, dass auch ein erheblicher Teil des Brandschutzes durch freiwillige Feuerwehren erbracht wird.

Erreichbarkeit

Ein Viertel der Bevölkerung wohnt mindestens 20 Minuten mit dem Auto von der nächsten Bundespolizei und mindestens 25 Minuten von der nächsten Berufsfeuerwehr entfernt, ein signifikanter Anteil der Bevölkerung benötigt zum nächstgelegenen Standort der Bundespolizei (6,6 %) oder Berufsfeuerwehr (18,3 %) sogar mehr als 30 Minuten. Die nächstgelegene Landespolizei ist schneller erreichbar: das langsamste Viertel der Bevölkerung benötigt mit dem Auto mindestens 9 Minuten. Lediglich ein sehr geringer Anteil der Menschen (0,5 %) benötigt mehr als 15 Minuten. Die Erreichbarkeit der Bundespolizei ist in großen Städten (u.a. Berlin, Hamburg) überwiegend relativ schnell (bis zu 7 Minuten). In der Nähe von Bundesländergrenzen innerhalb Deutschlands und in ländlicheren Gebieten ist sie besonders häufig relativ langsam (mehr als 20 Minuten). An der Staatsgrenze ist sie relativ gut, insbesondere an der östlichen Grenze. Bei den Berufsfeuerwehren zeigt sich eine relativ schlechte Erreichbarkeit an den Landesgrenzen und an der Staatsgrenze. In größeren Städten, auffällig in Nordrhein-Westfalen und insbesondere an der südlichen Grenze von Bayern (Alpennähe), ist die Erreichbarkeit überdurchschnittlich gut (weniger als 5 Minuten). Die Erreichbarkeit der Landespolizeieinrichtungen ist insbesondere in Nordrhein-Westfalen, Berlin und in einigen Städten überdurchschnittlich (weniger als 3,5 Minuten). Dagegen erscheint die Erreichbarkeit in vielen, weniger dicht besiedelten Gegenden deutlich langsamer (mehr als 9 Minuten). Aufgrund der Konzentration in größeren Städten und der geringen Anzahl von Einrichtungen sind sehr ausgeprägte Peripheriestrukturen bei der Erreichbarkeit von Bundespolizei und Berufsfeuerwehren erkennbar.

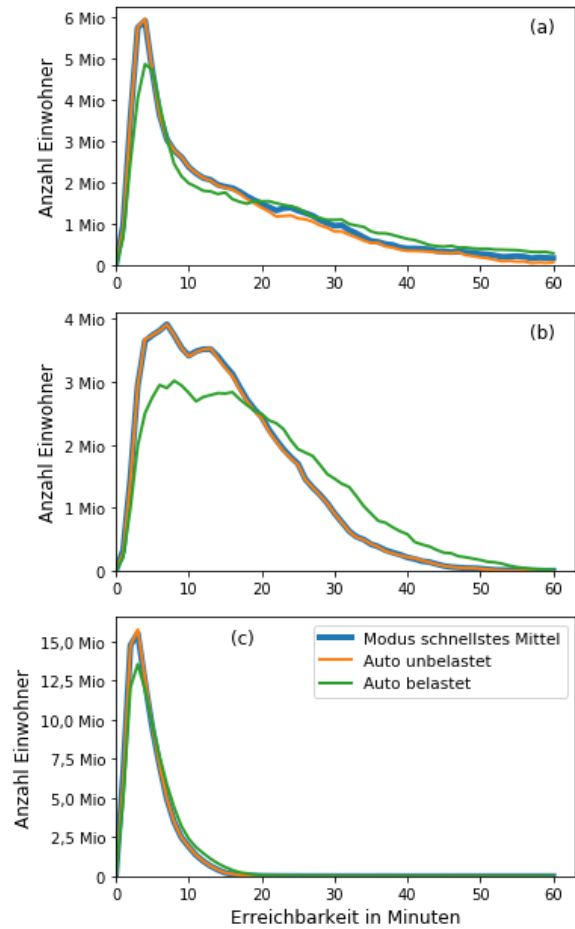
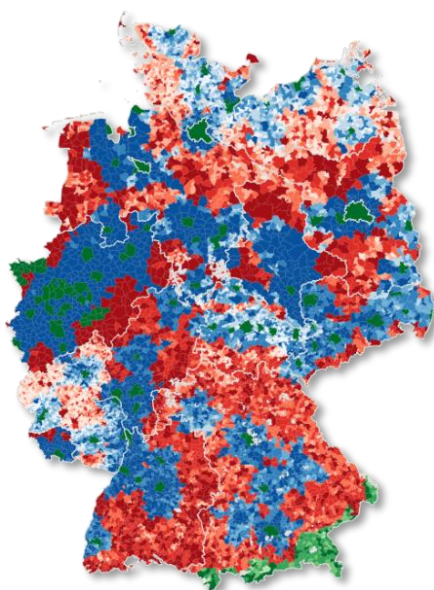
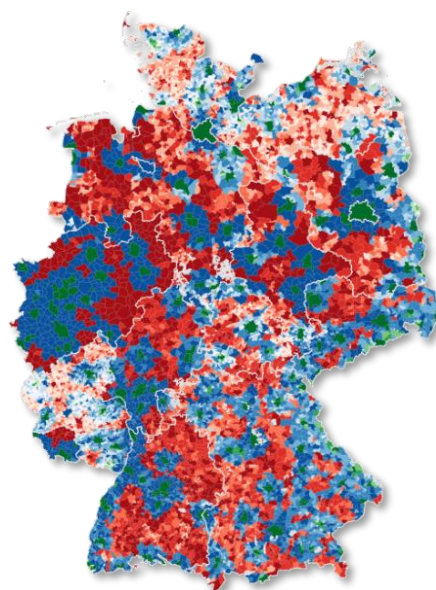


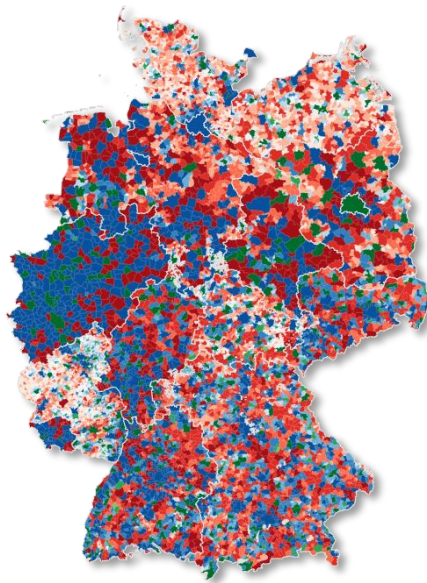
Abbildung 35: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizei- (b) und Landespolizeistellen (c)



Berufsfeuerwehren (a)



Bundespolizeistellen (b)



Landespolizeistellen (c)

Abbildung 36: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c)

Auslastung

Das Nachfragepotenzial je Bundespolizei- und Berufsfeuerwehrstandort liegt bis auf wenige Ausnahmen bei weniger als 1 Mio. Personen. Bei den Berufsfeuerwehren trifft ein auffälliger Anteil von 10 % der Bevölkerung auf eine relativ hohe Knappheit von fast 2 Mio. rivalisierenden Nachfragern. 25 % der Bevölkerung trifft bei ihrer nächstgelegenen Bundespolizeieinrichtung auf eine Anzahl rivalisierender Nachfrager von weniger als 250.000 Menschen und bei der nächstgelegenen Berufsfeuerwehr von weniger als 170.000 Menschen. Bei den Dienststellen der Landespolizei hat der allergrößte Anteil der Bevölkerung ein rivalisierendes Nachfragepotenzial von weniger als 40.000 Personen.

Eine geringere Nachfragerivalität bei Landespolizeieinrichtungen finden Bürger/innen in Hessen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Bei den Berufsfeuerwehren ebenfalls in Nordrhein-Westfalen und vor allem in Berlin und dem umgrenzenden Brandenburg. Bei der Bundespolizei tritt eine geringe rivalisierende Nachfrage vor allem nahe den Bundesgrenzen und den Ländern Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Berlin, Brandenburg, Sachsen, Rheinland-Pfalz und Saarland auf. Relativ hohe Nachfragerivalitäten sind bei Landespolizeistellen in Niedersachsen und Baden-Württemberg anzutreffen; bei Bundespolizei und Berufsfeuerwehren vor allem in den ländlicheren Gebieten Bayerns, Baden-Württembergs und Hessens sowie an der Landesgrenze von Niedersachsen und Nordrhein-

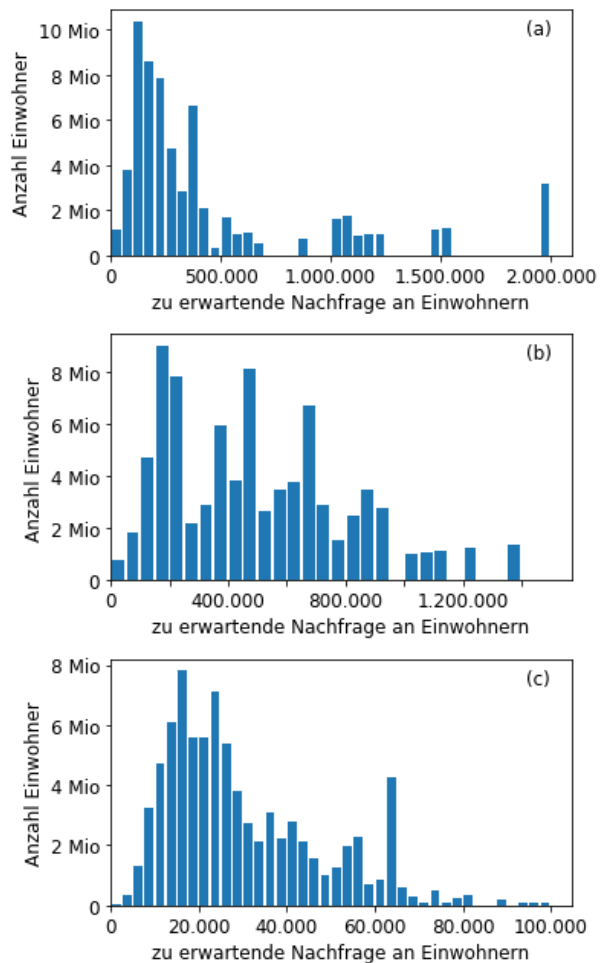


Abbildung 37: Histogramm der Nachfrage von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c)

Westfalen sowie Teilen Niedersachsens. Insgesamt sind die drei Auslastungsklassen für Berufsfeuerwehren und Bundespolizeistellen regional sehr homogen verteilt.

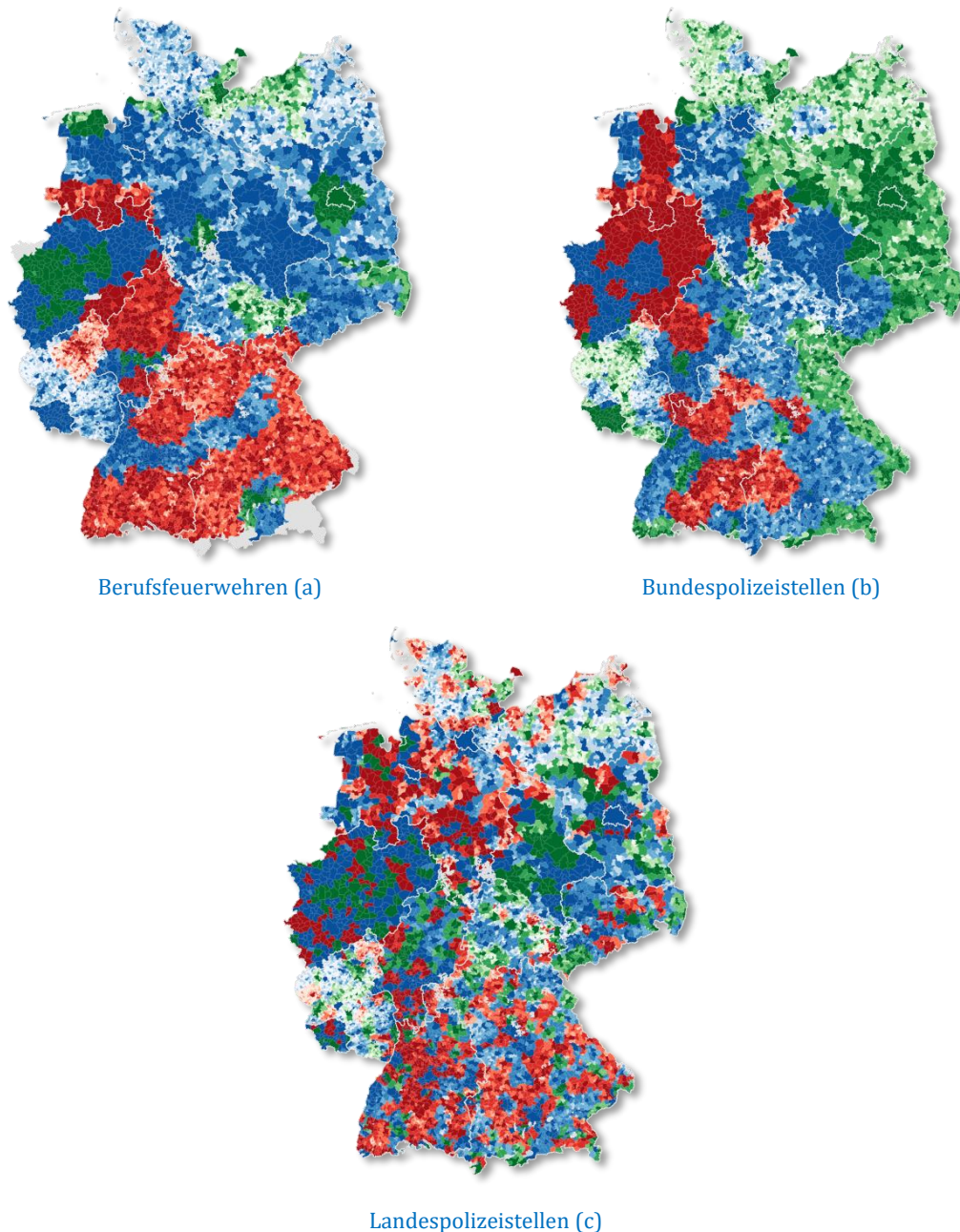


Abbildung 38: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c)

Hot- und Cold-Spots

Sowohl bei den Polizei- als auch den Berufsfeuerwehrstandorten treten ungünstige Kombinationen aus hohem rivalisierendem Nachfragepotenzial und langsamer Erreichbarkeit gehäuft auf. Dies gilt insbesondere für die Verfügbarkeit von Berufsfeuerwehren (hier treffen den Berechnungen zufolge fast 13 % der Bevölkerung auf ein rivalisierendes Nachfragepotenzial von größer als 520.000 Menschen und Fahrzeiten von mehr als 25 Minuten. Die ungünstigen Kombinationen treten bei den Berufsfeuerwehren und abgeschwächt auch bei den Bundespolizeistellen vor allem in den ländlichen Regionen Bayerns und Baden-Württembergs sowie auf beiden Seiten der binnendeutschen Landesgrenze von Nordrhein-Westfalen auf. Bei den Landespolizeistellen sind in den ländlichen Peripherieregionen die ungünstigen Kombinationen erkennbar häufig und gleichverteilt über ganz Deutschland. Besonders gute Verfügbarkeitsindikatoren treten bei den Berufsfeuerwehren auffällig in größeren Städten (Berlin, München, Nordrhein-Westfalen) auf, bei der Bundespolizei um die Dienststellen in den

Grenzregionen. Zwar existieren bei den Berufsfeuerwehren auffällige Häufungen von besonders guten und schlechten Kombinationen aus Knappheit und Erreichbarkeit, dennoch ist der Anteil der Bürger/innen mit einer mindestens mittleren Erreichbarkeit und Knappheit (weniger als 520.000 rivalisierende Nachfrager, weniger als 25 Minuten Fahrzeit) mit fast 63 % überdurchschnittlich hoch. Insgesamt lassen sich bei allen drei Infrastrukturen auffällige Peripherie-Strukturen in der Verfügbarkeitsbetrachtung erkennen.

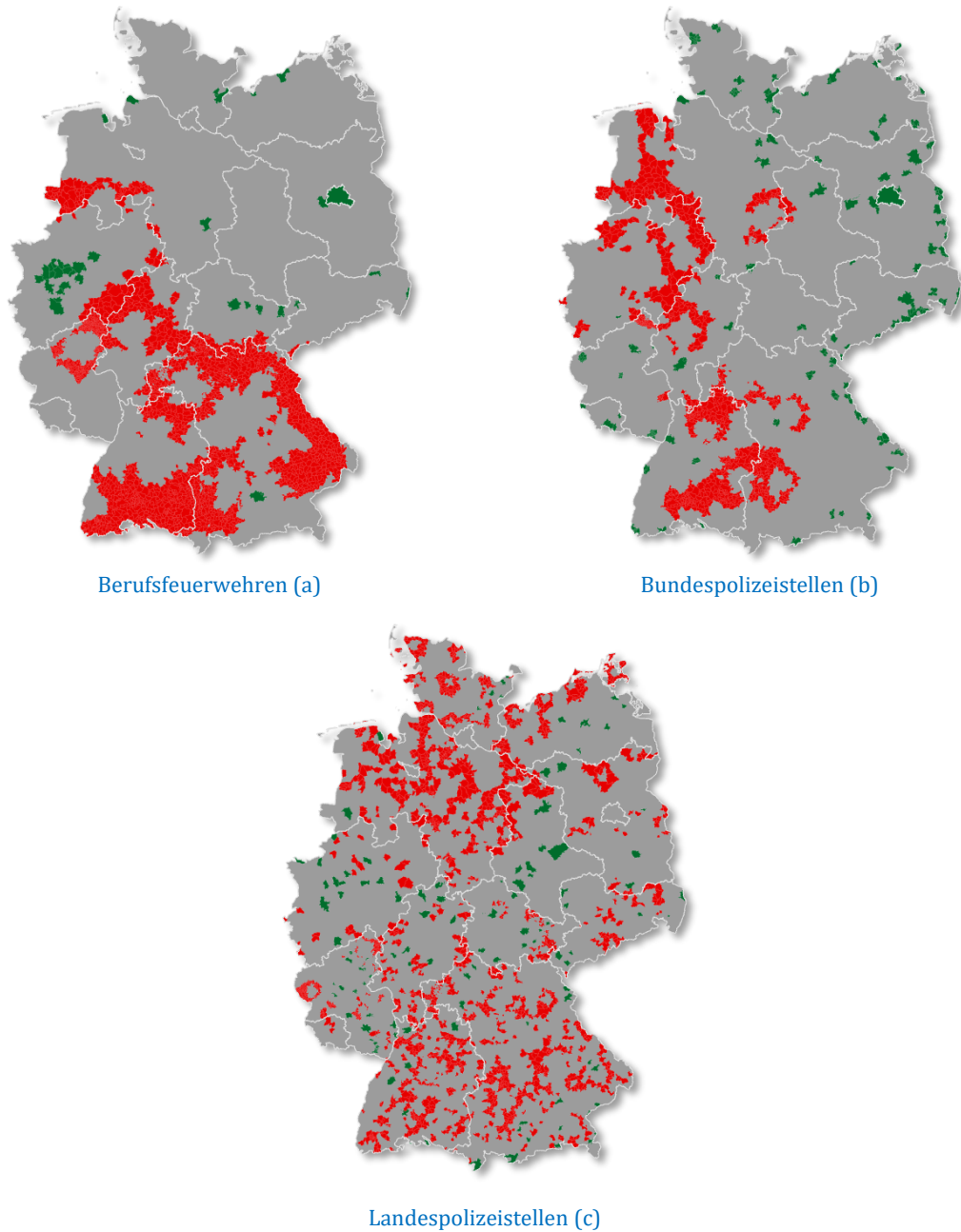


Abbildung 39: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Berufsfeuerwehren (a), Bundespolizeistellen (b) und Landespolizeistellen (c)

5.5. Kultur und Freizeit

Öffentliche Schwimmbäder und Museen waren Gegenstand der Betrachtungen in dieser Kategorie.

Erreichbarkeit

Sowohl das nächstgelegene Museum als auch Schwimmbad sind für 75 % der Einwohner mit dem Auto in weniger als 6 Minuten zu erreichen, für die „schnellsten“ 25 % der Einwohner sogar in weniger als 2:30 Minuten. Nur ein geringer Anteil (ca. 5 %) benötigt mehr als 10 Minuten. Mit dem Fahrrad und dem ÖPNV streuen die Fahrzeiten dagegen sehr deutlich. Mit dem Fahrrad benötigen die meisten Bürger/innen (56,0 %) mehr als 10 Minuten, ein geringer Anteil (24,4 %) mehr als 20 Minuten. Mit dem ÖPNV brauchen 76,4 % bzw. 70,4 % der Bürger/innen mehr als 15 Minuten, 36,4 % bzw. 32,6 % sogar mehr als 25 Minuten zum nächsten Schwimmbad bzw. Museum. Räumlich auffällige Muster bei der Erreichbarkeit von Museen zeigen sich nicht. Bei Schwimmbädern gibt es eine Häufung von Kommunen mit etwas längeren Fahrzeiten in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und im Osten von Schleswig-Holstein.

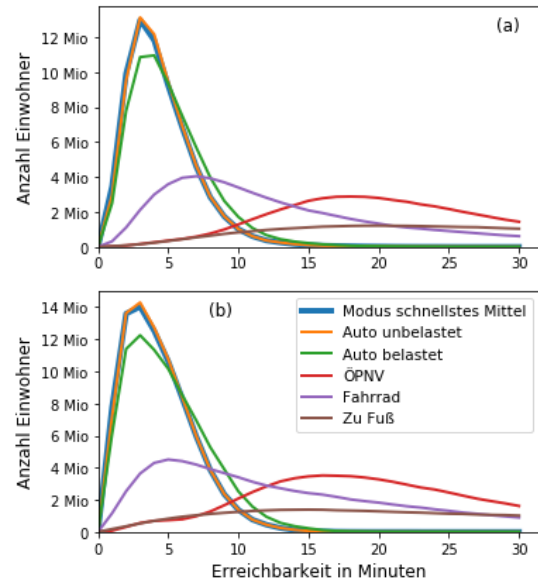


Abbildung 40: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Schwimmbad (a) und Museen (b)

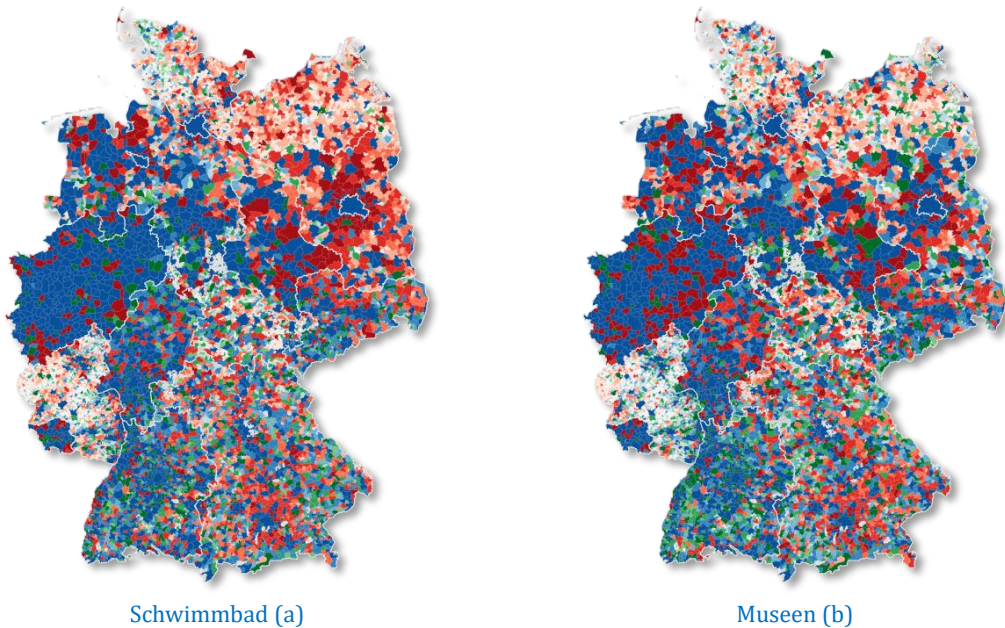


Abbildung 41: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Schwimmbad (a) und Museen (b)

Auslastung

75 % der Einwohner teilen sich das den Berechnungen zufolge nächstgelegene Museum mit bis zu rund 26.500 Personen. Beim nächstgelegenen Schwimmbad treffen 75 % der Bürger/innen auf bis zu 36.000 weitere potentielle Nutzer/innen. Nur ein kleiner Anteil der Bevölkerung (ca. 5 %) trifft im nächstgelegenen Museum auf eine potentiell rivalisierende Nachfrage von mehr als 40.000 Personen bzw. beim nächstgelegenen Schwimmbad von mindestens 60.000 Bürger/innen. Besondere Knappheiten bei Museen zeigen sich in Nordrhein-Westfalen sowie in einigen Metropolen (Hamburg) bzw. in ihrem Umland (Berlin, München, Bremen, Hannover, Wiesbaden). In sehr weiten Teilen des Landes ist das hier ermittelte Nachfragepotenzial aber relativ gering (< 10.000), vor allem in Baden-Württemberg, Sachsen-Anhalt (mit Ausnahme von Magdeburg) und Brandenburg (Ausnahme: Peripherie von Berlin). Ursächlich hierfür sind eine geringe Bevölkerungsdichte und eine hohe Anzahl an verfügbaren Museen. Bei Schwimmbädern sind die Knappheiten noch klarer auf Metropolen konzentriert, so etwa

auf München Nürnberg, Frankfurt, Berlin, Hamburg, Bremen, Leipzig, Köln, Düsseldorf. In großen Teilen Bayerns, Baden-Württembergs, Nordhessens, Thüringens und Sachsen-Anhalts ist die Zahl der potenziell rivalisierenden Nachfrager aber gering (weniger als 13.000 Menschen). In auffällig vielen kleineren bzw. dünn besiedelten Kommunen ist die Nachfragerivalität gering. Die Häufung der Kommunen mit relativ geringem rivalisierendem Nachfragepotenzial deutet darauf hin, dass gerade in vielen dünner besiedelten, kleineren Kommunen Knappheitsindikatoren für Museen und Schwimmbäder relativ gering sind.

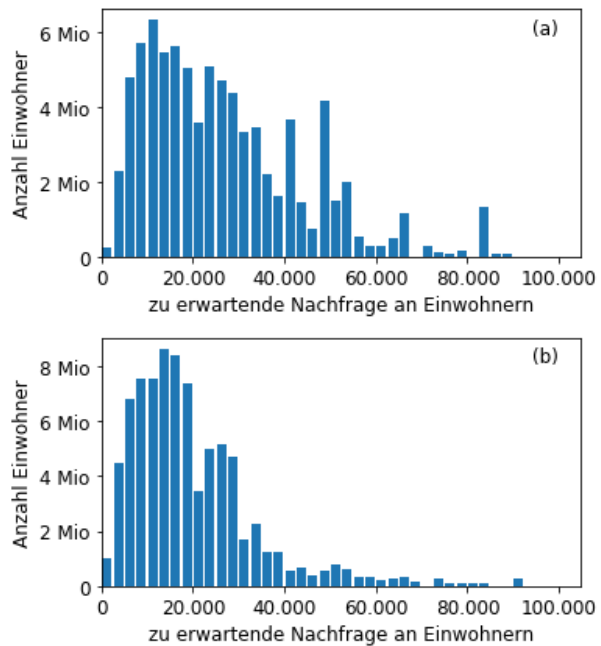
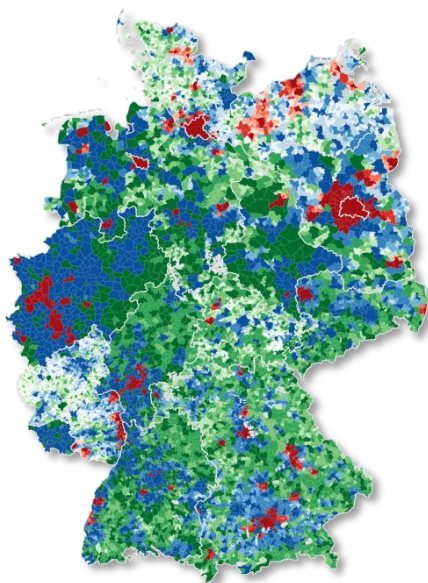
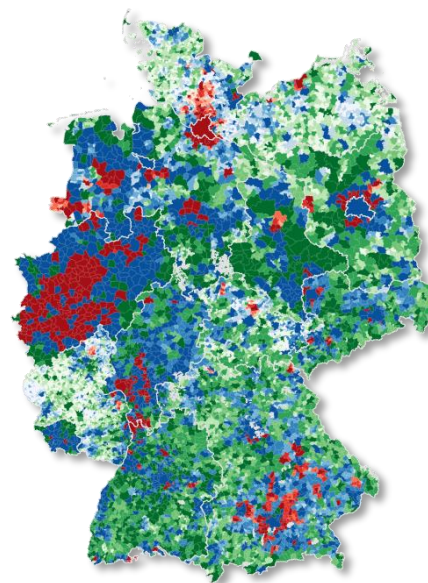


Abbildung 42: Histogramm der Nachfrage von Schwimmbad (a) und Museen (b)



Schwimmbad (a)



Museen (b)

Abbildung 43: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen Schwimmbad (a) und Museen (b)

Hot- und Cold-Spots

Auch bei den kombinierten Merkmalen spiegeln sich die Peripheriestrukturen um Metropolen wieder. Kommunen, in denen relativ viele Bürger/innen das nächstgelegene Museum mit einer längeren Fahrzeit erreichen und dort auf eine relativ hohe rivalisierende Nachfrage treffen, finden sich um Berlin, München und weit verbreitet in Nordrhein-Westfalen. Sehr viele kleine Kommunen, vor allem in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, im Norden Bayerns und auch in den neuen Bundesländern fallen in die „günstige“ Kombination aus schneller Erreichbarkeit und geringer Nachfrage. Auch bei den Schwimmbädern dominieren die Kommunen mit der günstigen Kombination. Lediglich an der Küste von Mecklenburg-Vorpommern (u.a. in der Peripherie von Schwerin) und in der Peripherie von Kiel und Berlin zeigt sich eine auffällige Häufung von Kommunen mit der ungünstigen Kombination aus langsamer Erreichbarkeit und hoher Nachfrage.

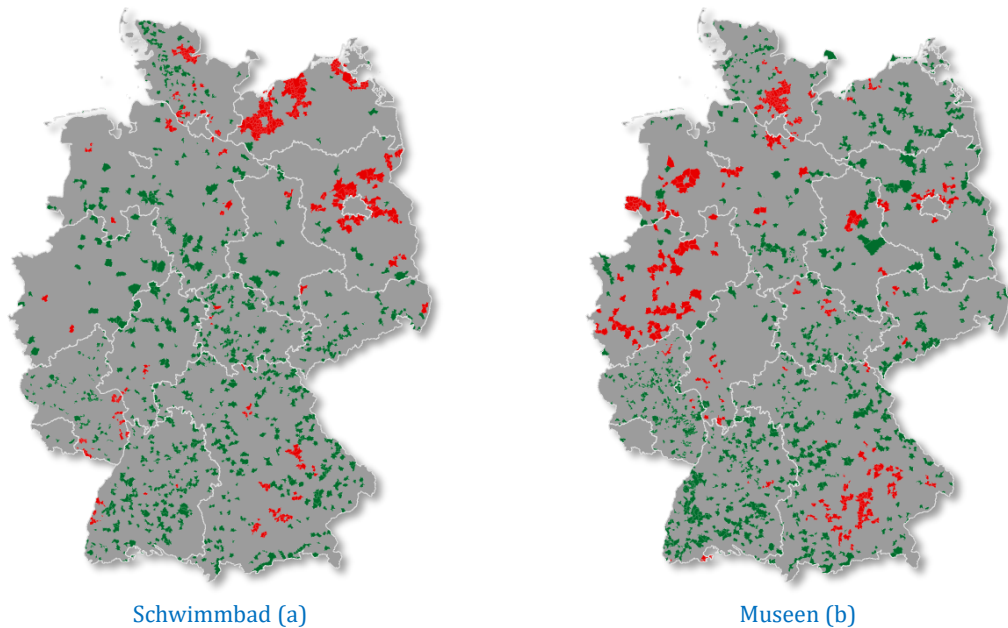


Abbildung 44: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Schwimmbad (a) und Museen (b)

5.6. Verwaltungs- und Dienstleistungszentren

Diese Infrastrukturkategorie wird durch die Standorte von Rathäusern sowie in seltenen Fällen, wo kein Rathaus vorhanden ist, durch die geographischen Mittelpunkte von Metropolen und verschiedenen Zentrums-kategorien (Oberzentren, Mittelzentren, Grundzentren) erfasst.

Erreichbarkeit

Rathäuser bzw. Grundzentren

75 % der Einwohner in Deutschland erreichen das nächstgelegene Rathaus (Grundzentrum) in 5 Minuten (6 Minuten). Nur die „langsamsten“ 5 % brauchen länger als 11 Minuten (15 Minuten). Dies reflektiert die Siedlungsstruktur mit einer hohen Anzahl an Kleinstädten in Deutschland mit eigenem Rathaus. Bei der räumlichen Verteilung fällt auf, dass Hamburg und Bremen im Gegensatz zu anderen Metropolen wie München oder Frankfurt in die „langsame“ Kategorie bei der Rathäuserreichbarkeit fallen. Der Nordosten Deutschlands hat augenscheinlich durchschnittlich etwas längere Fahrzeiten zum nächsten Rathaus als der Süden. Bei den Grundzentren wird sichtbar, dass weite Teile von Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern und der Norden von Schleswig-Holstein ungünstigere Erreichbarkeiten aufweisen als urbaner geprägte Bundesländer wie Nordrhein-Westfalen, Hessen, sowie weite Teile von Bayern und Baden-Württemberg.

Mittel-, Oberzentren und Metropolen

Bedingt durch die Systematik erreichen Einwohner in Deutschland Mittelzentren schneller als Oberzentren und Metropolen. 75 % der Einwohner in Deutschland erreichen ihr nächstgelegenes Mittelzentrum in weniger als 9 Minuten, ein Oberzentrum in weniger als 23 Minuten und eine Metropole in weniger als 30 Minuten. Bei Oberzentren und Metropolen streut die Fahrtzeit mehr als bei Grund-/Mittelzentren oder Rathäusern. Bei Mittelzentren konzentrieren sich die 75 % der Einwohner in der guten und mittleren Erreichbarkeitskategorie auf relativ wenige Gemeinden mit hoher Bevölkerungsdichte (z.B. Nordrhein-Westfalen, aber auch viele Regionen in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Sachsen). Entsprechend verteilen sich die 25 % der Einwohner in der langsamen Kategorie auf relativ viele Gemeinden in dünner-besiedelten Regionen. Bei Oberzentren und Metropolen zeichnen sich vor allem die urbanen Räume in Deutschland durch schnelle Erreichbarkeiten deutlich ab – insbesondere im Vergleich zu den Regionen an der Staatsgrenze. Außerdem fällt auf, dass Bayern deutlich mehr Oberzentren aufweist als andere Bundesländer (63 von insgesamt 173 Oberzentren). Durch diese Systematik sind die Fahrtzeiten in Bayern entsprechend kürzer. In Brandenburg und im überwiegenden Teil von Mecklenburg-Vorpommern und im Norden von Sachsen-Anhalt ist die Erreichbarkeit der nächsten Metropole (u.a. Berlin, Rostock, Magdeburg) häufig mit langen Fahrzeiten verbunden.

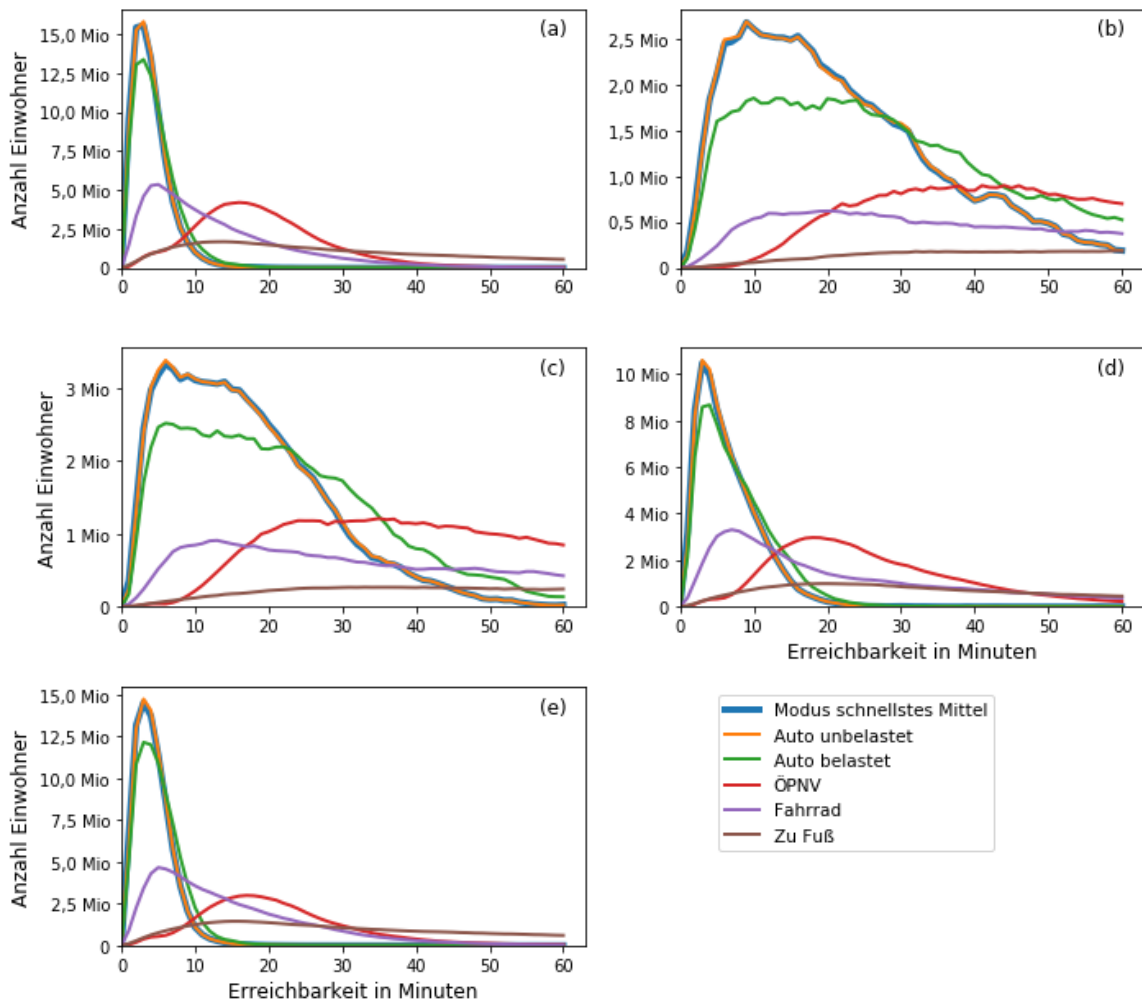
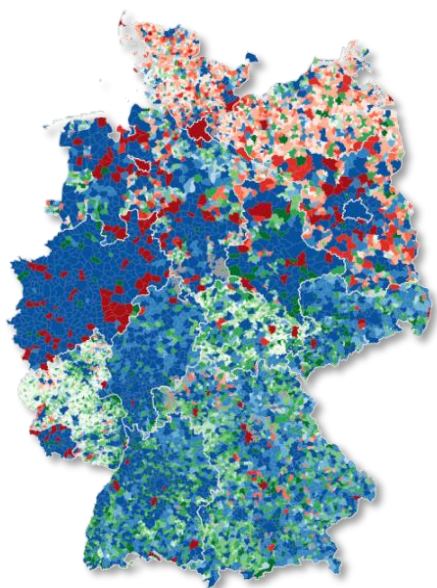
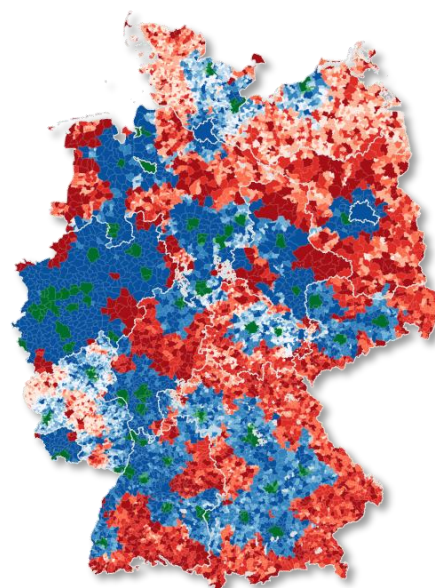


Abbildung 45: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e)



Rathäuser (a)



Metropolen (b)

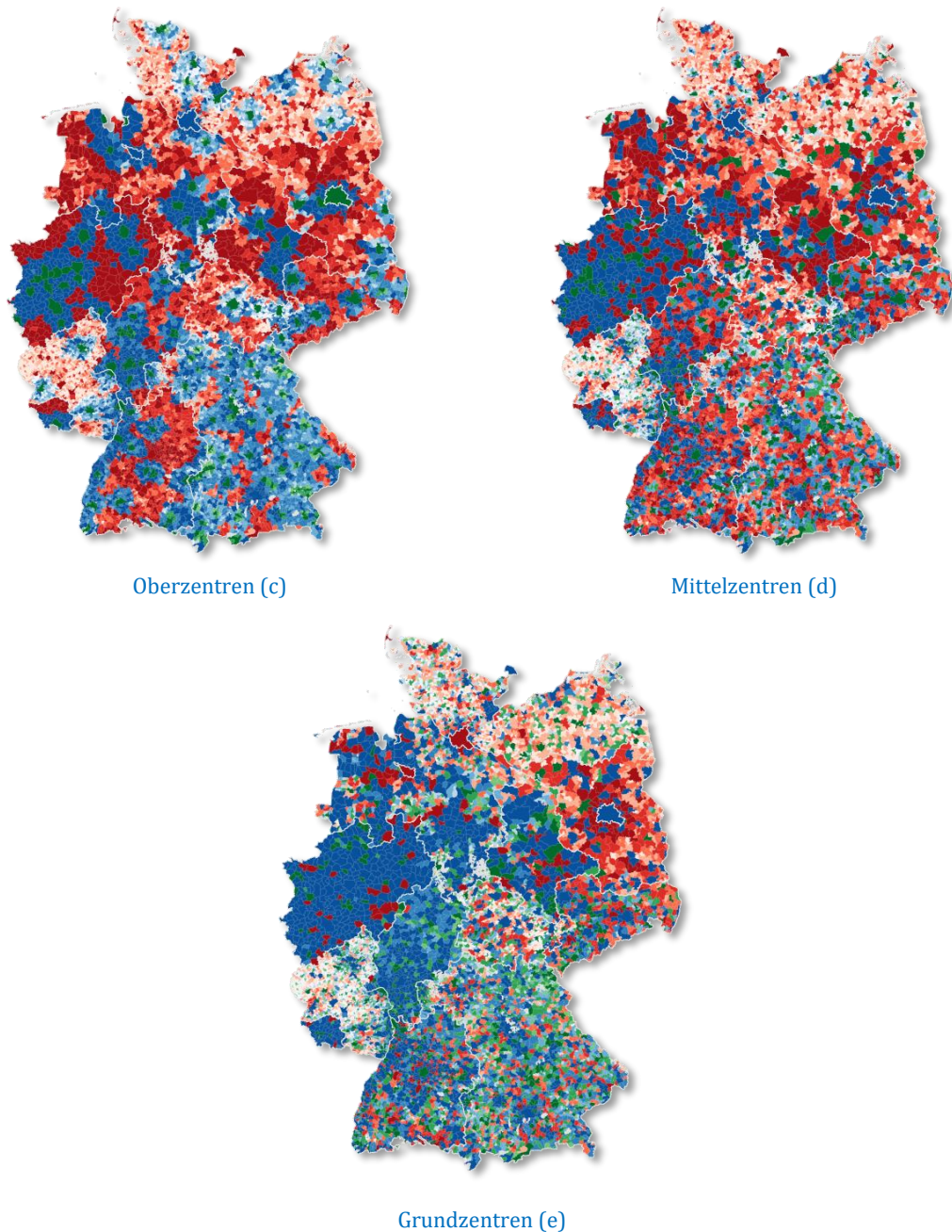


Abbildung 46: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e)

Auslastung

Rathäuser bzw. Grundzentren

Die Verteilung zeigt, dass 50 % der Bürger/innen beim nächstgelegenen Rathaus (Grundzentrum) nur auf eine rivalisierende Nachfrage von lediglich bis zu 23.000 (30.000) Einwohner auf Grund der Siedlungsstruktur mit vielen Kleinstädten treffen. Bei der räumlichen Verteilung ist auffällig, dass ein Großteil der Fläche in Deutschland in die „geringe Nachfrage“-Kategorie fällt (für Rathäuser und Grundzentren). Lediglich Nordrhein-Westfalen, Teile von Schleswig-Holstein und Niedersachsen fallen in die „mittlere“ Kategorie und die Ballungszentren in „hohe Nachfrage“. Bei Grundzentren ist auch Brandenburg in der mittleren Kategorie. Dies bedeutet, dass die 25 % der Einwohner mit geringer rivalisierender Nachfrage bei Rathäusern und Grundzentren sich über eine sehr große und weniger dicht besiedelte Fläche verteilen und die restlichen 75 % mit mittlerer bzw. hoher rivalisierender Nachfrage sich in Ballungsregionen konzentrieren. Dies ist auch farblich durch das hohe Aufkommen an helleren Grüntönen erkennbar, wohingegen es in der „hohen Nachfrage“ Kategorie nur satte Rottöne, jedoch wenig helle Flecken gibt.

Mittel-, Oberzentren und Metropolen

Bei den Mittelzentren verteilen sich die 25 % der Einwohner in der hohen Nachfragekategorie auf wenige, mehrheitlich dicht besiedelte Gemeinden in Deutschland, wie Berlin, Hamburg, München, Stuttgart sowie in Niedersachsen an der Grenze zu den Niederlanden. Bei den Oberzentren kommen mit Blick auf die Knappheit offenbar auch landesspezifische Abgrenzungsfragen zum Tragen. So ist Bayern sehr flächendeckend von Oberzentren durchzogen, wohingegen in Nordrhein-Westfalen, weiten Teilen von Niedersachsen, Bremen und Hamburg das Angebot an nächsterreichbaren Oberzentren für viele Bürger/innen offenbar relativ knapp ist. Bei Metropolen fällt auf, dass die rivalisierende Nachfrage in Grenznähe sehr hoch ist, wie beispielsweise in Südbayern, im Osten von Sachsen bzw. Brandenburg sowie rund um Hamburg. Dies deutet darauf hin, dass in diesen Gebieten relativ viele Menschen in der Peripherie eines einzigen Zentrums leben. Geringe Knappheit von Metropolen besteht dagegen in Sachsen-Anhalt, in Thüringen, in Rheinland-Pfalz und in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens (weniger als 1 Mio. rivalisierende Nachfrage je nächstgelegenen Zentrum).

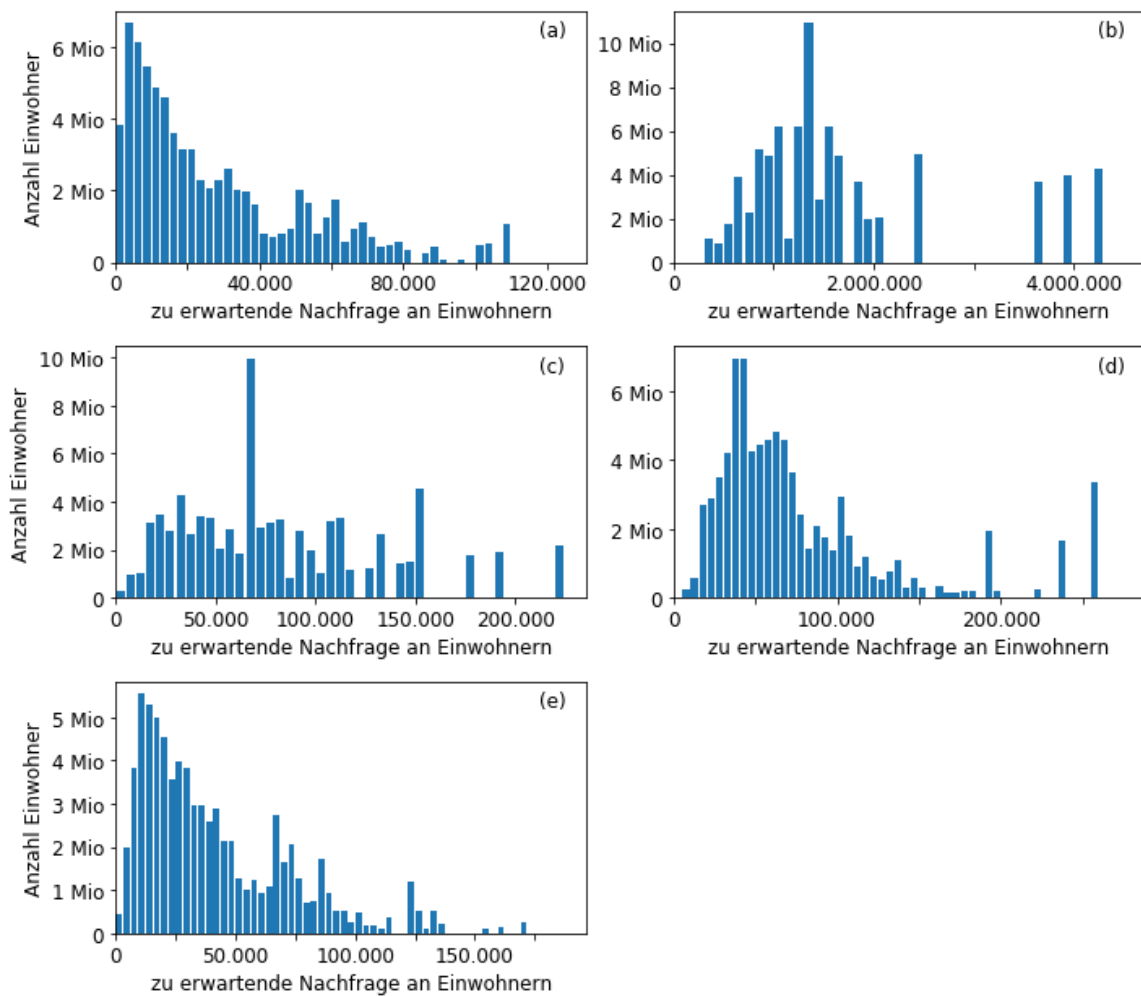
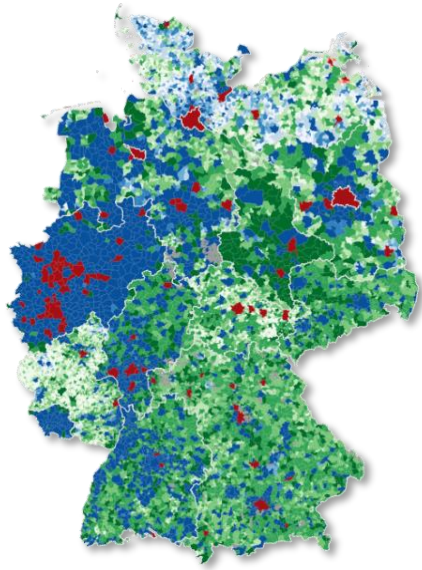
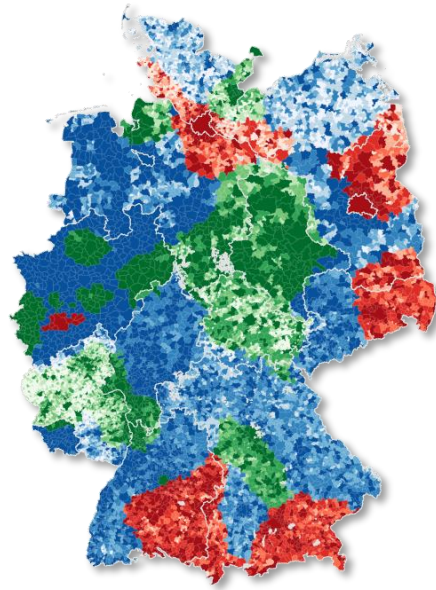


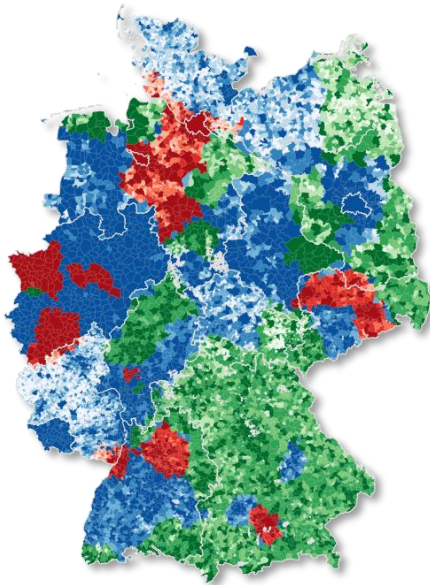
Abbildung 47: Histogramm der Nachfrage von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e)



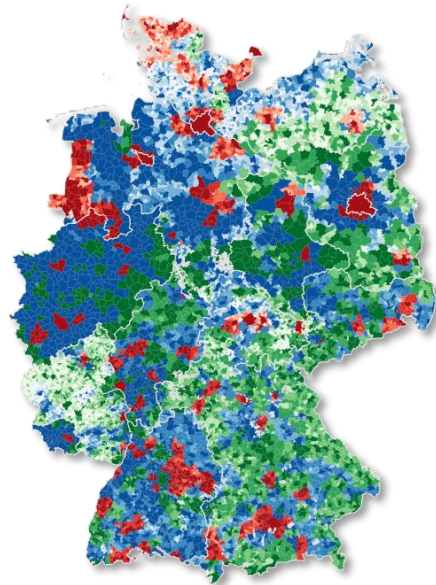
Rathäuser (a)



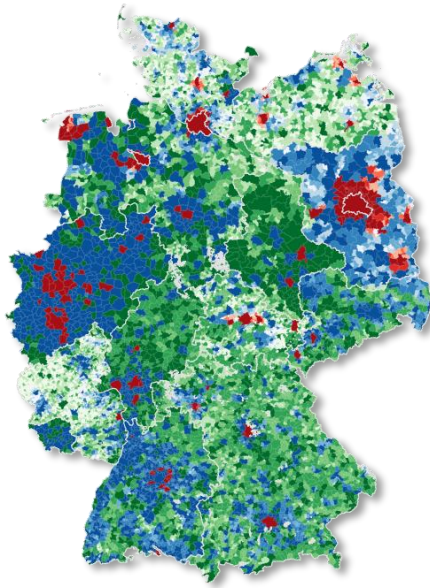
Metropolen (b)



Oberzentren (c)



Mittelzentren (d)



Grundzentren (e)

Abbildung 48: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e)

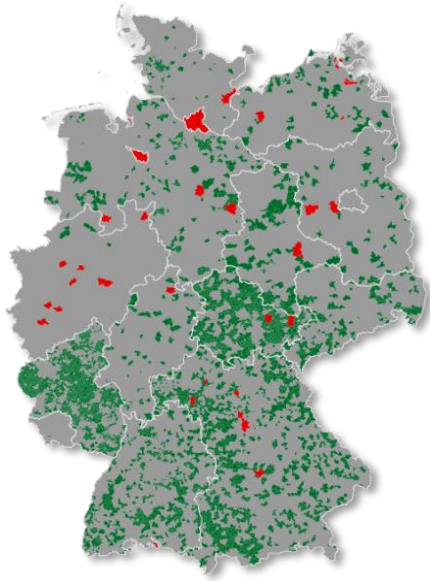
Hot- und Cold-Spots

Rathäuser bzw. Grundzentren

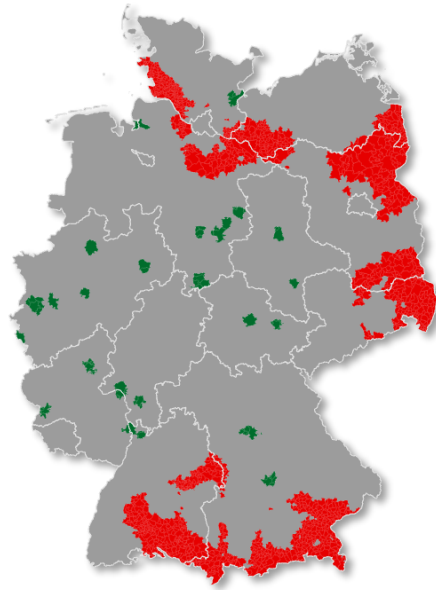
Etwas mehr Menschen leben in Gemeinden mit günstiger als ungünstiger Kombination aus Erreichbarkeit und Nachfrage (9,6 Mio. günstig vs. 8,2 Mio. ungünstig). Regionen mit schneller Erreichbarkeit und hoher Nachfrage sind eher unterrepräsentiert (2,7 % vs. 6,3 %). Bei Rathäusern zeigt sich eine sehr kleinteilige Häufung der günstigen Kombination verteilt über sehr große Gebiete in Süd- und Mitteldeutschland. Die knapp 10 % der Bürger/innen in der ungünstigen Kombination wohnen in wenigen urbanen Ballungszentren, hauptsächlich in der nördlichen Hälfte Deutschlands (z.B. Hamburg). Im Vergleich zu den Rathäusern wohnen etwas weniger Menschen in Gemeinden, die in die günstige (7,6 Mio.) bzw. ungünstige (7,1 Mio.) Kategorie bei Grundzentren fallen. Die räumliche Verteilung ähnelt stark der Verteilung bei Rathäusern mit vielen kleinen Gemeinden in der günstigen Kombination in Süd- und Mitteldeutschland und wenigen dicht besiedelten urbanen Gemeinden in der ungünstigen Kategorie, vor allem ist hier ein Ring rund um Berlin sichtbar.

Mittel-, Oberzentren und Metropolen

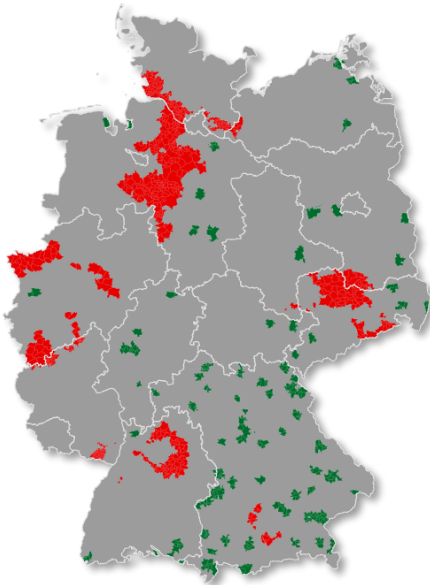
Ca. 7 bzw. 6 Mio. Menschen leben in der günstigen bzw. ungünstigen Kombination für Mittelzentren. Die Menschen in der günstigen Kombination verteilen sich auf viele kleine Gemeinden in fast ganz Deutschland, abgesehen vom hohen Norden. Die Menschen in der ungünstigen Kombination leben verstärkt im Norden, aber auch in kleinen Gemeinden im Süden und Osten. Bei der „günstigen Kombination“ (schnelle Erreichbarkeit, niedrige Nachfrage) von Oberzentren sieht man wieder die offenbar raumplanerisch bedingte Häufung: Oberzentren scheinen systematisch über Bayern bzw. östliches Niedersachsen (ehemalige Zonengrenze) verteilt. Um die Metropolen München, Augsburg, Ulm, Reutlingen, Stuttgart, Hamburg, Berlin und Dresden zeigen sich klare Peripheriestrukturen für relativ hohe Nachfrage und relativ ungünstige Erreichbarkeit.



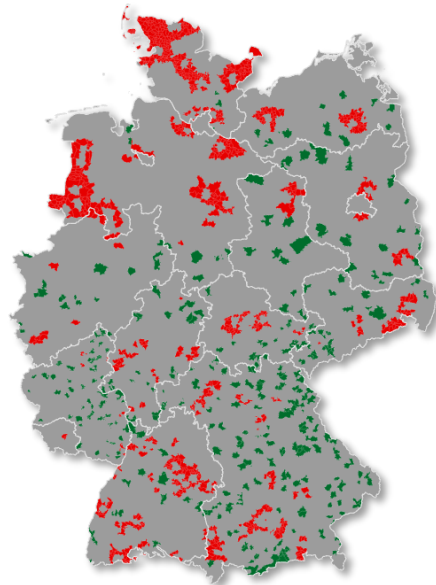
Rathäuser (a)



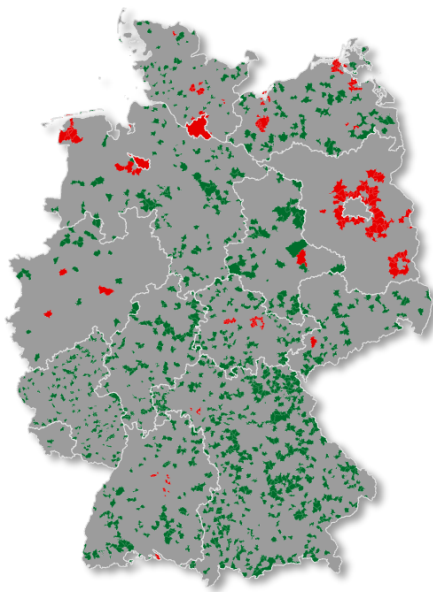
Metropolen (b)



Oberzentren (c)



Mittelzentren (d)



Grundzentren (e)

Abbildung 49: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Rathäusern (a), Metropolen (b), Oberzentren (c), Mittelzentren (d) und Grundzentren (e)

5.7. Verkehrsknotenpunkte

Diese Infrastrukturkategorie wird durch die Standorte von Bahnhöfen, Fernbahnhöfen und Autobahnauffahrten abgebildet.

Erreichbarkeit

Für Bahnhöfe gilt, dass 75 % der Einwohner in Deutschland dieses Ziel in gut 6 Minuten erreichen. Die Fahrtzeit zu einem Fernbahnhof ist mit knapp 12 Minuten fast doppelt so lang. Zur nächstgelegenen Autobahnauffahrt benötigen 75 % der Einwohner bis zu ungefähr 12 Minuten. Die Streuung ist hierbei relativ vergleichbar: 95 % der Einwohner erreichen einen Bahnhof in 20 Minuten sowie einen Fernbahnhof und eine Autobahnauffahrt in je ca. 40 Minuten. Das bedeutet, dass die „schnellsten“ 95 % der Einwohner sowohl bei Bahnhöfen, Fernbahnhöfen und Autobahnauffahrten bis zu dreimal so lange Fahrtzeiten haben als die „schnellsten“ 75 % der Einwohner bei jeder dieser Infrastrukturen. Bei der räumlichen Verteilung von Bahnhöfen ergibt sich insgesamt ein recht ausgewogenes Bild mit etwas kürzeren Fahrtzeiten im Westen und Osten Deutschlands. Bei den Fernbahnhöfen treten regionale Ungleichheiten deutlicher zu Tage: Interessanterweise schneiden die Küstenregionen hier besser ab als Teile von Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen oder Nordbayern. Die räumliche Verteilung der Autobahnnetze spiegelt das Autobahnnetz in Deutschland wieder. Vor allem in Nordrhein-Westfalen, Hessen, aber auch im Saarland haben die Menschen sehr kurze Fahrtzeiten zur nächsten Autobahn.

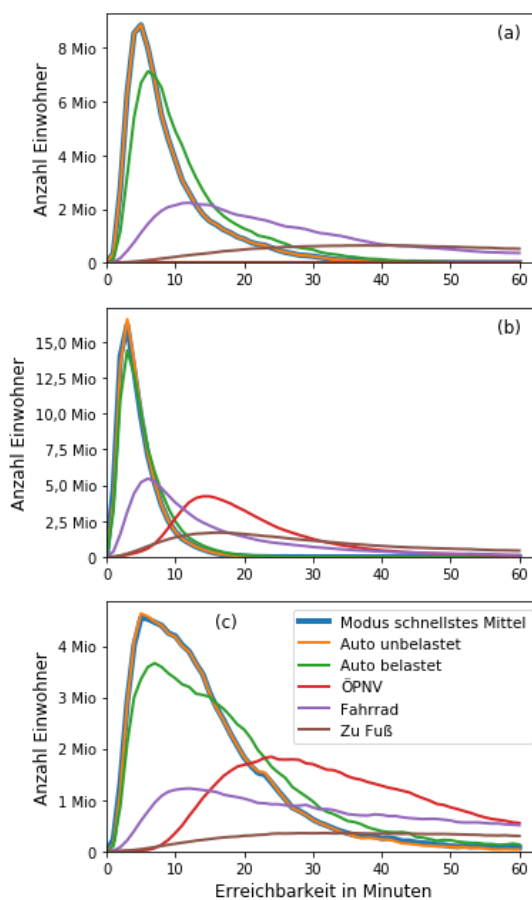
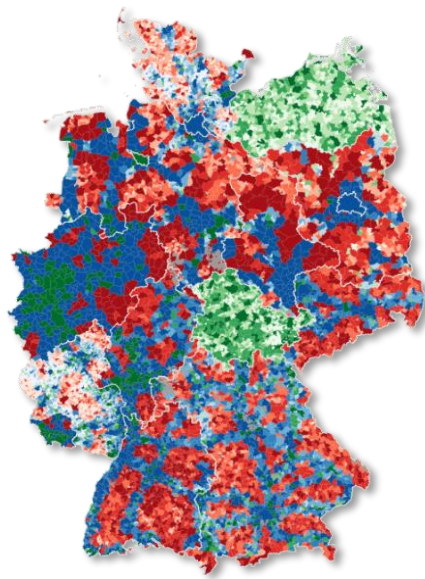
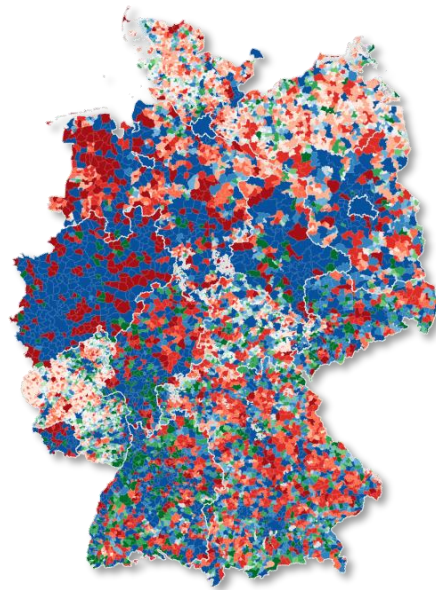


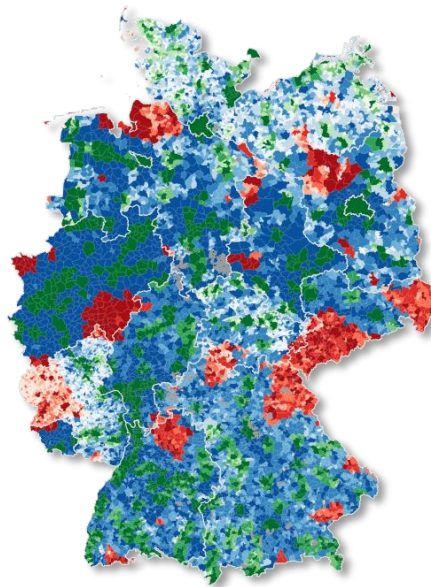
Abbildung 50: Verteilungskurven zur Erreichbarkeit von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c)



Autobahnauffahrten (a)



Bahnhöfe (b)



Fernbahnhöfe (c)

Abbildung 51: Räumliche Verteilung der Erreichbarkeitsklassen von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c)

Nachfrage

Die meisten Einwohner in Deutschland treffen auf eine rivalisierende Nachfrage von bis zu 50.000 Menschen an ihrem nächstgelegenen Bahnhof. Allerdings treffen 25 % der Einwohner auf eine rivalisierende Nachfrage an Bahnhöfen von weniger als 12.000 Menschen. Dies spiegelt die Verkehrsstruktur mit vielen kleinen Bahnhöfen wieder. Diese 25 % leben in dünn besiedelten Regionen und decken einen Großteil der Fläche in Deutschland ab. Die hohe Nachfrage konzentriert sich vor allem auf Teile von Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen. Bei den Fernbahnhöfen beläuft sich die rivalisierende Nachfrage auf bis zu 800.000 Menschen. Neben Nordrhein-Westfalen sind vor allem das Saarland, Sachsen und Nordbayern mit einer hohen Nachfrage konfrontiert. Die Küstenregionen (v.a. Mecklenburg-Vorpommern) weisen eine auffällig niedrige rivalisierende Nachfrage auf. Die meisten Einwohner in Deutschland treffen auf eine rivalisierende Nachfrage von bis zu rund 80.000 Menschen an der nächstgelegenen Autobahnauffahrt. Bei Autobahnen ist die ermittelte Nachfrage in Baden-Württemberg und Teilen von Bayern sowie an der Nordspitze von Schleswig-Holstein relativ hoch.

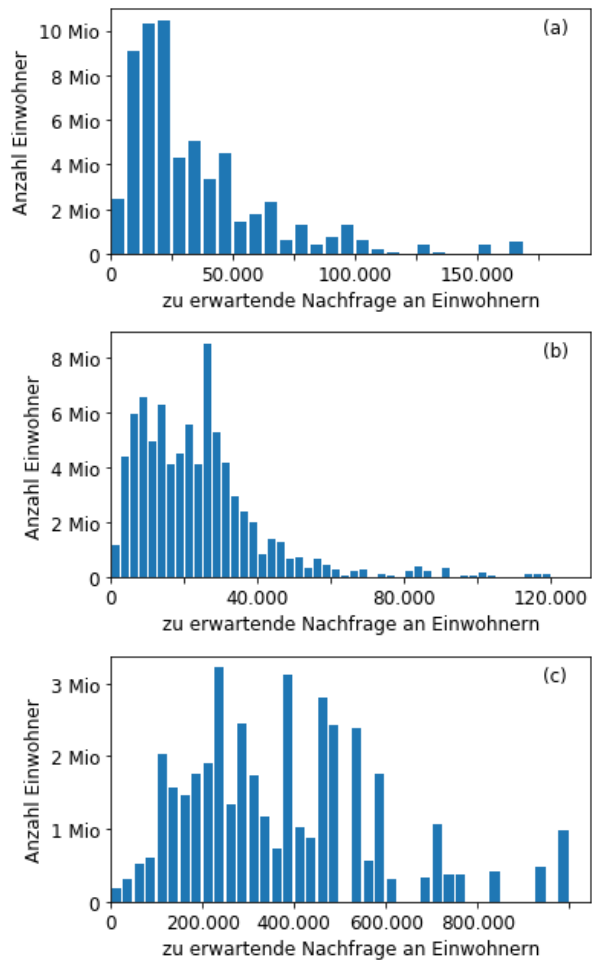
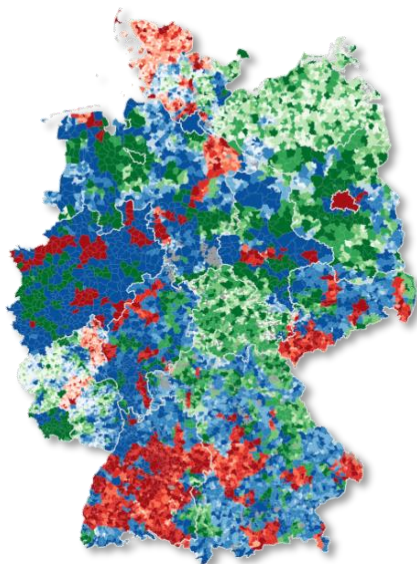
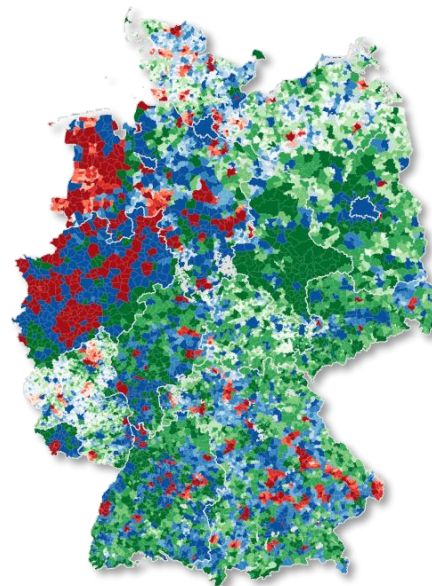


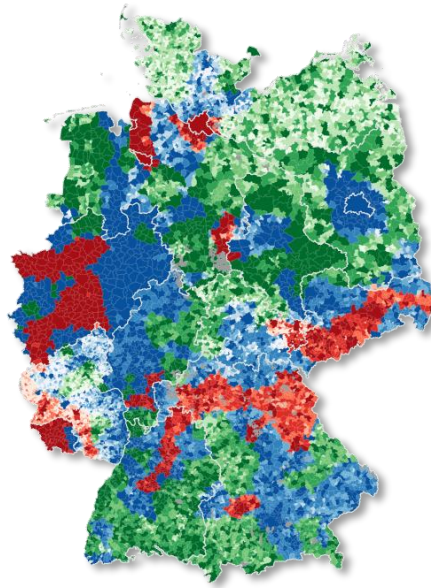
Abbildung 52: Histogramm der Nachfrage von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c)



Autobahnauffahrten (a)



Bahnhöfe (b)

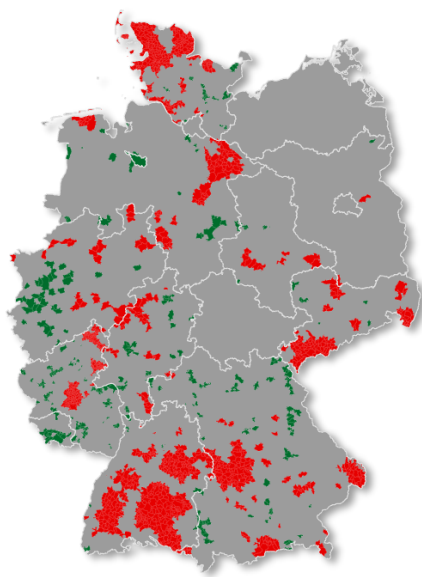


Fernbahnhöfe (c)

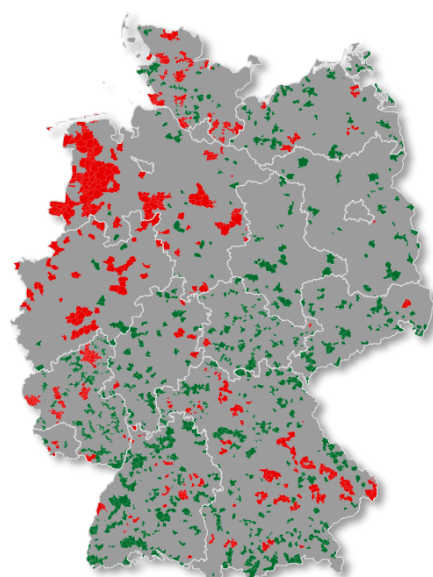
Abbildung 53: Räumliche Verteilung der Auslastungsklassen von Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c)

Hot- und Cold-Spots

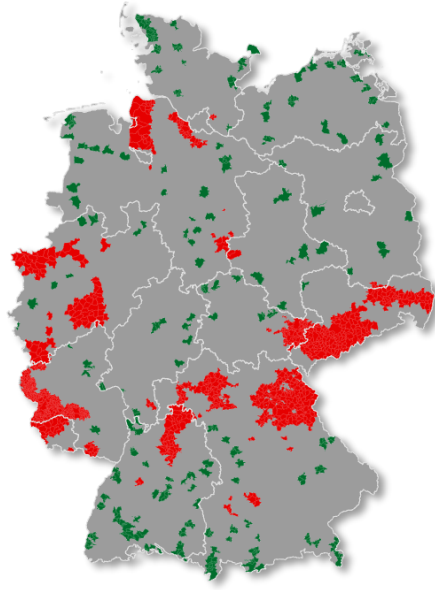
Etwa gleich viele Menschen wohnen in Gemeinden mit der ungünstigen bzw. günstigen Kombination (je etwa 6 bis 7 Mio. Menschen für Bahnhöfe und Fernbahnhöfe). Die knapp 9 % der Einwohner mit der günstigen Kombination bei Bahnhöfen verteilen sich auf viele kleine Gemeinden im Süden, Norden und Osten. Nur im Westen gibt es weniger Gemeinden mit der günstigen Kombination. Die Gemeinden mit der ungünstigen Kombination liegen vor allem im Westen, wenige auch im Norden und Süden. Im Osten gibt es praktisch keine Gemeinden mit ungünstiger Kombination. Bei den Fernbahnhöfen verteilen sich die Gemeinden in der günstigen Kombination auf ganz Deutschland. Interessanterweise liegen die Gemeinden mit der ungünstigen Kombination ganz im Westen (Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen) und in Sachsen sowie Nordbayern und Nord-Baden-Württemberg. Etwa gleich viele Menschen wohnen in Gemeinden mit der ungünstigen bzw. günstigen Kombination bei Autobahnauffahrten (je ca. 8 Mio. Einwohner oder 9 %). Die Gemeinden mit günstigen Kombinationen sind eher klein und verstärkt im Westen vorzufinden. Die ungünstigen Kombinationen liegen vor allem in Baden-Württemberg, ganz im Norden von Schleswig-Holstein, aber auch in Teilen von Nordrhein-Westfalen und Bayern.



Autobahnauffahrten (a)



Bahnhöfe (b)



Fernbahnhöfe (c)

Abbildung 54: Räumliche Verteilung der günstigen (grün) und ungünstigen (rot) Klassenkombinationen bei Autobahnauffahrten (a), Bahnhöfen (b) und Fernbahnhöfen (c).

6. Schlussfolgerungen

6.1. Zusammenfassung

Mit dem Projekt wird eine Datengrundlage für das Vergleichen von Infrastrukturen in Deutschland geschaffen, die als Ausgangsbasis für ein verbessertes Abschätzen von Investitionsbedarfen fungieren kann, um so knappe öffentliche Mittel zielgerichtet einsetzen können. Hierfür wurden die notwendigen Daten für das Routing - die Zielfrastrukturen und Knappheitsindikatoren (soweit verfügbar) – zusammengestellt, Erreichbarkeiten, Knappheiten und Korrelationen berechnet und in einer fortschreibungsfähigen Datenbank zusammengefasst. Auf Basis der Berechnungen wurden erste statistische Auswertungen für alle Infrastrukturen vorgenommen. Die Daten des Projekts eröffnen darüber hinaus eine Vielzahl an weiteren Analysemöglichkeiten, da sie über Folgeprojekte oder auch Datenanalysen durch Dritte weiter verwertet werden können.

Bei sehr vielen Infrastrukturkategorien werden bereits durch die augenscheinliche räumliche Konzentration von Regionen mit relativ guter bzw. weniger guter Verfügbarkeit eine Vielzahl naheliegender Hypothesen mit Blick auf die Erklärungsfaktoren aufgeworfen. Hier wären weitergehende Analysen angezeigt, um etwa den Einfluss bundes- und landespolitischer Maßnahmen sowie sozialer und wirtschaftlicher Struktur Faktoren (Finanz- und Wirtschaftskraft, Einkommen, Arbeitslosigkeit, Alter etc.) auf die Unterschiede im Bundesgebiet zu ergründen. Bei nur wenigen Infrastrukturkategorien ist die räumliche Verteilung der Hot-Spots mit sehr günstigen Kombinationen der Infrastrukturverfügbarkeit sehr unspezifisch (z.B. Krankenhäuser). Auch hier bieten sich weitere Analysen darüber an, welche Gemeinsamkeiten (z.B. Pro-Kopf-Einkommen, Altersstruktur etc.) diese Standorte bzw. Gemeinden haben. Bei einigen Infrastrukturkategorien sind auffällig linksschiefe Verteilungen der Knappheitsindikatoren festzustellen (z.B. bei weiterführenden Schulen). Das heißt, es gibt eine Bevölkerungsgruppe, die bei der Verfügbarkeit der jeweiligen Infrastrukturleistung im Vergleich zur Gesamtbevölkerung abfällt. Daran knüpft sich die Frage, wo sich diese Gruppe räumlich genau konzentriert (in bestimmten Städten, in charakteristischen Regionen etc. Bei einigen Infrastrukturkategorien fallen die Fahrzeiten mit ÖPNV deutlich gegenüber den PKW-Fahrzeiten ab (z.B. bei Polizeidienststelle und Freizeiteinrichtungen). Hier könnte auch eine genauere Analyse der Regionen und Orte interessant sein, in denen Bürger/innen mit auffälligen Diskrepanzen leben. Bei Infrastruktureinrichtungen mit einem großen Einzugsgebiet (weniger als 500 Einrichtungen im gesamten Bundesgebiet, z.B. Berufsfeuerwehren und Bundespolizeistellen und Universitäten bzw. Hochschulen) zeigt sich ein klares Zentrum-Peripherie-Gefälle. Hier wäre es interessant, die abfallende Verfügbarkeit noch genauer zu analysieren, z.B. in welchen Regionen werden kritische Schwellenwerte überschritten? Außerdem zeigt sich bei einigen dieser Einrichtungen eine auffällig geringe Verfügbarkeit in Grenzlagen zwischen einzelnen Bundesländern. Hierfür wären mögliche Gründe interessant, z.B. ob verwaltungsrechtliche oder institutionelle Gründe ausschlaggebend sind oder die geringe Verfügbarkeit auch mit der Bevölkerungsstruktur und sonstigen soziodemographischen Faktoren erklärt werden kann. Bei einigen Infrastrukturkategorien gibt es ausgeprägte Knappheiten in der umliegenden Peripherie um Zentren (z.B. Museen). Hier ist zu hinterfragen, ob die geringere Verfügbarkeit in der Peripherie in kleinerer räumlicher Betrachtung offenlegen kann, ob systematisch in der Nähe von Stadtgrenzen ein geringeres Angebot bereitgestellt wird. Bei den unterschiedlichen Zentrums-kategorien werden oft sehr landespezifische Unterschiede deutlich. Liegt dies mitunter an unterschiedlichen Raumordnungsansätzen bei der Kategorisierung oder auch in der tatsächlichen Förderung solcher Zentren?

Diese Aspekte zeigen, dass die im Projekt entwickelte Methodik eine erste Indikation für Unterschiede im Deutschlandvergleich geben kann, die eine weitere Analyse von Handlungsoptionen sinnvoll erscheinen lässt. Allerdings sind für die dahinterliegende Kausalität weiterführende Detailanalysen notwendig.

6.2. Infrastruktur- und Breitbandverfügbarkeit

Schlechte Erreichbarkeit und eine hohe Auslastung von Infrastrukturen bilden grundsätzlich Standortnachteile für Regionen. Für einige Infrastrukturbereiche bzw. deren Funktionen können digitale Lösungen heute schon – aber vor allem auch perspektivisch gesehen – diese Nachteile zumindest teilweise kompensieren.

In Zeiten der Covid-19-Pandemie kommt der Möglichkeit zum Arbeiten von zu Hause aus mit einem Mal eine sehr hohe Bedeutung zu. Das Homeoffice ist aber ebenso dazu geeignet, der schlechten Erreichbarkeit von Arbeitsstellen entgegenzuwirken, die sich z.B. in der Erreichbarkeit von Grund-, Mittel- oder Oberzentren widerspiegelt. Pendlerströme können reduziert und auch abgelegene Regionen mit günstigen

Immobilienpreisen zu attraktiven Wohnorten werden. Im Gesundheitssektor ist die Verfügbarkeit von Ärzten in manchen ländlichen Regionen ein bekanntes Problem. Hier bieten Entwicklungen im Bereich der Telemedizin Lösungen, um diesen Engpässen entgegenzutreten. Im Bildungsbereich hat die Covid-19-Pandemie ebenfalls aufgezeigt, dass digitale Lösungen für ein Homeschooling oder digitale Angebote im universitären Bereich wichtige Stützen bilden können.

Allen diesen Themen ist gemein, dass sie die Verfügbarkeit schneller und verlässlicher Breitbandverbindungen benötigen. Die Breitbandverfügbarkeit wird seit 2010 in einem hohen Detaillierungsgrad über den Breitbandatlas des BMVI erhoben. Die aktuellen Verfügbarkeitszahlen für den Datenstand Ende 2019 werden im folgenden Diagramm aufgezeigt.

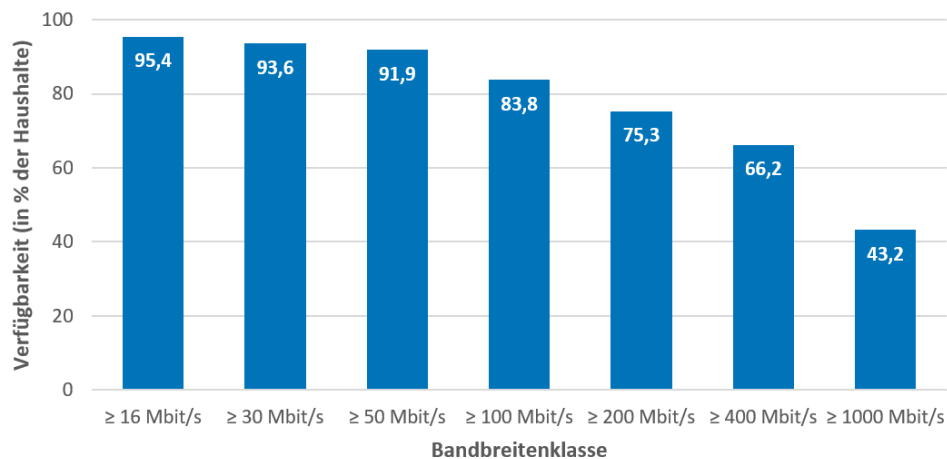


Abbildung 55: Breitbandverfügbarkeit in Deutschland nach Bandbreitenklassen für alle Technologien (Quelle Breitbandatlas des BMVI – Stand Ende 2019)

Die notwendige Bandbreite ist stark abhängig vom Anwendungsfall. Für viele der Beispiele sollte sie aber mindestens bei 30 Mbit/s liegen. Die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen ≥ 30 Mbit/s liegt deutschlandweit bereits bei 93,6 %. Damit sind die Voraussetzungen für viele digitale Alternativen zur physischen Erreichbarkeit für große Teile der Bevölkerung gegeben. Je nach räumlicher Prägung einer Region zeigen sich hiervon aber Abweichungen. Die räumlichen Prägungen, die im Breitbandatlas des BMVIs verwendet werden, sind wie folgt definiert:

- Städtisch: Gemeinden mit einer Bevölkerung größer als bzw. gleich 500 Einwohner/km² ($500 \text{ EW/km}^2 \leq x$)
- Halbstädtisch: Gemeinden mit einer Bevölkerung größer als bzw. gleich 100 Einwohner/km² und kleiner 500 Einwohner/km² ($100 \text{ EW/km}^2 \leq x < 500 \text{ EW/km}^2$)
- Ländlich: Gemeinden mit einer Bevölkerung kleiner 100 Einwohner/km² ($x < 100 \text{ EW/km}^2$)

Abbildung 56 stellt die Abweichungen zwischen den unterschiedlichen räumlichen Prägungen dar. Während in städtischen Kommunen 98 % der Haushalte über Breitbandanschlüsse mit mindestens 30 Mbit/s verfügen, können das in eher ländlich geprägten Gemeinden nur gut drei Viertel der Haushalte. Aufgrund des Breitbandausbaus und der Vielzahl an Förderprojekten wird diese Lücke in den nächsten Jahren kleiner werden. Weitere detaillierte Zahlen zum Status der Breitbandverfügbarkeit finden sich im Bericht zum Breitbandatlas der BMVI¹².

¹² https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bericht-zum-breitbandatlas-ende-2019-ergebnisse.pdf?__blob=publicationFile

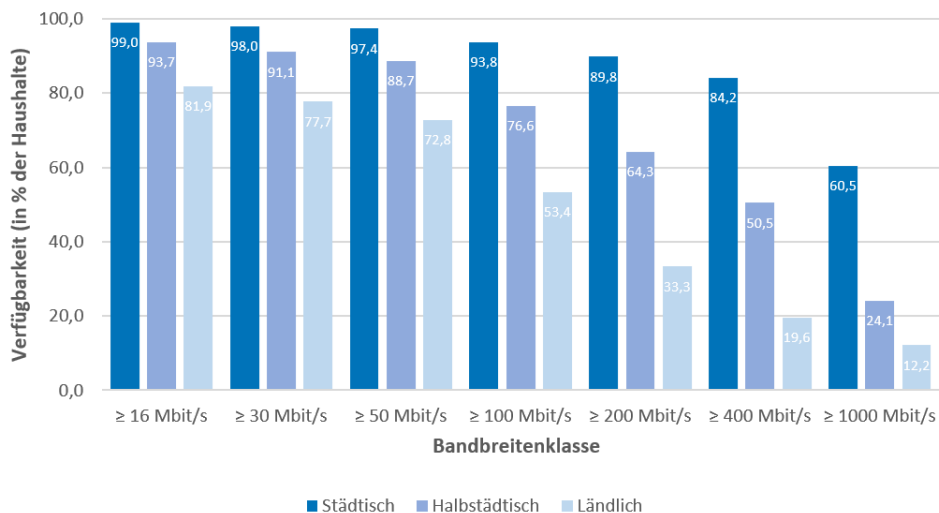


Abbildung 56: Breitbandverfügbarkeit in Deutschland nach Bandbreitenklassen und Gemeindeprägung für alle Technologien (Quelle Breitbandatlas des BMVI – Stand Ende 2019)

Die detaillierte Analyse der Breitbandverfügbarkeit im Hinblick auf Erreichbarkeit und Auslastung sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Hierzu müssten vorab der Bandbreitenbedarf sowie ggf. weitere technologische Anforderungen wie Symmetrie oder Latenz für spezielle Anwendungsfälle in den einzelnen Sektoren ermittelt werden. In einem zweiten Schritt könnte anschließend die Verschneidung der detaillierten Basisdaten erfolgen und möglicherweise in Fallbeispielen vor-Ort evaluiert werden.

6.3. Ausblick

Der vorliegende Bericht hat die primäre Intention, den Projektansatz transparent darzustellen, erste statistische Auswertungen zu präsentieren und darüber hinaus die Potenziale der Methodik sowie der berechneten Daten aufzuzeigen.

Mit dem gewählten Projektansatz wurde eine Methodik entwickelt, die eine hochdetaillierte Berechnung der Erreichbarkeit und Auslastung für einen umfangreichen Bestand an Infrastrukturen ermöglicht hat. Eine besondere Herausforderung lag dabei auf der automatisierten Berechnung und Prozessierung dieser „Big Data“. Durch ein hohes Maß an Standardisierung wurden vergleichbare Ergebnisse generiert, die sich einfach ergänzen und fortschreiben lassen. Ergänzen lassen sich z.B. neue Zielinfrastrukturen, um einen breiteren Bereich an notwendigen Orten der Daseinsvorsorge und des täglichen Bedarfs abzudecken. Beispiele wären Supermärkte, Restaurants, Bäcker, Drogerien, Apotheken, Tankstellen (u.a. auch regenerativer Antriebe wie Wasserstofftankstellen und Ladesäulen) und vieles mehr. Fortschreiben lassen sich die Daten z.B. in Form von jährlichen Updates, um Fortschritte oder auch Rückschritte im Bereich der Infrastrukturverfügbarkeit aufdecken zu können.

Die Validität der Berechnungsergebnisse ist also stark abhängig von der Qualität der Eingangsdaten. Hier bestehen Potenziale in Bezug auf die Vollständigkeit der Daten sowie die Sachinformationen zu den Zielinfrastrukturen. Die Verfügbarkeit und Qualität der Informationen zur Auslastung und Kapazität einzelner Infrastrukturen ist in einigen Bereichen doch eher heterogen, was die Aussagekraft der Analysen teilweise deutlich einschränkt. Workshops oder Abstimmungen zwischen den Fachbereichen einzelner Bundesländer könnten zu einer Verbesserung oder Vereinheitlichung der Eingangsdaten führen. Als Beispiel können hier deutschlandweit vollständige Angaben zu Schulkapazitäten oder eine Klassifizierung der verschiedenen Museen genannt werden.

Weiterhin könnten der Betrachtungshorizont der Analysen bzw. die Einflussfaktoren erweitert werden, um die Möglichkeiten der Auswertung und Interpretation auszubauen. Ein Beispiel hierfür wäre die Fokussierung auf den Aspekt der Nachhaltigkeit der jeweiligen Verkehrsmittel unter Beachtung des Schadstoffausstoßes. Ein Zusatzszenario, welches hierfür bereits berechnet wurde, beinhaltet das Verkehrsmittel E-Bike, das auf vielen Strecken eine echte Alternative zum Auto bilden kann. Auch die Verknüpfung von sozioökonomischen Daten wie das Durchschnittseinkommen im Verhältnis zu den Kosten pro Fahrt und Verkehrsmittel bietet interessante Analyseansätze.

Die Berechnungsalgorithmen weisen ebenfalls Potenziale zur Weiterentwicklung auf. Eine Berücksichtigung des realen Verkehrsaufkommens unter Verwendung von Echtzeitdaten anstelle der theoretisch berechneten Geschwindigkeiten könnte die Realität noch besser abbilden. Hierbei bleibt aber vor allem das Kosten-Nutzen-Verhältnis abzuwägen, da solche Daten aktuell nur kommerziell zu erwerben sind.

Die Auslastung der Verkehrsträger könnte ein weiterer Analyseschwerpunkt sein. Die Häufigkeit von genutzten Routen bildet eine Information, die z.B. für eine Prognostizierung der Auswirkungen von Straßensperrungen herangezogen werden könnte. Zudem könnte das Modell dahingehend erweitert werden, dass bei bereits ausgelasteter Infrastruktur die nächstgelegenen Alternativen in Betracht gezogen werden. Dies könnte eine realistischere Prognose der tatsächlichen Auslastung ermöglichen.

Die generierten Daten können auch eine informierte Debatte über öffentlichen Investitionen unterstützen. Ein Ansatz hierzu könnte die Nutzung einer interaktiven digitalen Plattform sein, die die Ergebnisse und Basisdaten transparent darstellt und lokale Entscheidungsträger/innen mit dem Projekt bekanntmacht und ggf. zur Zusammenarbeit animiert. Eine interaktive Webapplikation könnte Bürger/innen und Kommunen die Möglichkeit geben, Infrastrukturbestand und -verfügbarkeit einzusehen. Kommunen könnten das Modell für Planungsangelegenheiten zu Rate ziehen, um Diskrepanzen zu vermindern und kommunale Gelder zielführend einzusetzen.

Schließlich könnte Ursachenforschung zu den vorgefunden regionalen Unterschieden vorangetrieben werden. Eine Verknüpfung mit sozioökonomischen Daten könnte z.B. den Einfluss bundes- und landespolitischer Maßnahmen sowie sozialer und wirtschaftlicher Strukturfaktoren untersuchen. Die Voraussetzungen für die Verknüpfung dieser Informationen wurden über das entwickelte Datenmodell bereits geschaffen.

Im Bereich der Analyse und Interpretation der Daten bestehen enorme Potenziale, die sich von der Menge, der Detaillierung aber auch der Standardisierung der Daten ableiten lassen. Der Fokus der Analysen im Rahmen dieses Berichts liegt auf der Vergleichbarkeit der Ergebnisse unter Nutzung relativer statistischer Kennwerte wie z.B. festen Quantilen. Um die Realität näher abzubilden, könnten zusätzlich normative Schwellenwerte hilfreich sein, die z.B. Erfahrungswerte für die maximale Fußwegzeit zu einer Grundschule ansetzen, die einem Schulkind zugetraut werden kann. Auch die Betrachtung der Grenzperzentile oberhalb der 95-Prozentschwelle oder höher kann hilfreich sein, wenn der Analysefokus z.B. auf den eher „abgehängten“ Regionen liegt.

Die berechneten Daten weisen darüber hinaus noch weitere Informationen auf, die im Rahmen dieses Berichtes nicht explizit betrachtet wurden, aber für weitere Analysen bereits heute zur Verfügung stehen. Eine dieser Zusatzinformationen bilden die berechneten Alternativen zu der schnellstmöglich erreichbaren Zielinfrastruktur. Von jeder Einzeladresse ausgehend wurden je nach Infrastrukturstyp bis zu vier weitere Alternativen berechnet. Auf Basis dieser Daten lassen sich z.B. Szenarien berechnen, wie sich Erreichbarkeit und Auslastung durch den Rückbau einzelner Infrastrukturen ändern würden. Auch könnte das Vorhandensein vieler schnell erreichbarer Alternativen einen weiteren Indikator für eine gute und nachhaltige regionale Infrastrukturverfügbarkeit bilden.

Die hier aufgezeigten Beispiele erheben selbstredend keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sollen die interessierten Lesenden vielmehr dazu anregen, sich mit der Methodik und den Möglichkeiten auseinanderzusetzen und im Austausch den im Rahmen des Projektes beteiligten Partnern Ideen zur Hebung dieses Datenschatzes zu entwickeln.

7. Anhang

Der Anhang befindet sich in einem separaten Dokument.

Impressum

Herausgeber

Projekt Infrastrukturatlas

Eine Initiative im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Autor

TÜV Rheinland Consulting GmbH

EUREF-Campus

Haus 6-9

10829 Berlin

Stand: November 2020

Titelbild: loveguli/istockphoto