

Grundsatzuntersuchung geteilte Mikromobilität

Zwischenbericht AP 2.2: Detailliertes räumliches Potenzial des **Landkreises Starnberg**



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Räumliche Voraussetzungen.....	3
3. Beschreibung des Dashboards	6
4. Detailliertes räumliches Potenzial.....	9
5. ÖPNV-Bestandanalyse.....	14
5.1 ÖPNV-Qualität.....	16
5.2 Erschließung Fahrrad intermodal.....	17
5.3 Reisezeitanalyse.....	18
6. Anhang.....	19
6.1 Einwohnerverteilung kartographisch	19
6.2 Points of Interest (POI) kartographisch	20
6.3 ÖPNV-Infrastruktur kartographisch.....	21
6.4 Fahrradinfrastruktur kartographisch	22
6.5 Methode Potenzialscore.....	23
6.6 Input für den Potenzialscore.....	32
6.7 Methode Angebotsqualität ÖPNV	34
6.8 Methode Erschließung Fahrrad intermodal.....	36
6.9 Methode Reisezeitanalyse.....	37
6.10 Regionalstatischer Raumtyp im MVV-Raum.....	39

1. Einleitung

Mit diesem Bericht der Grundsatzuntersuchung geteilte Mikromobilität im MVV stellen wir die Ergebnisse unserer Potenzialanalyse des Arbeitspaketes 2.2 für den Landkreis Starnberg vor. Dabei gehen wir insbesondere auf die folgenden drei Punkte ein:

1. Die **räumlichen Voraussetzungen** im Landkreis Starnberg in Bezug auf Demographie, Points of Interest und Arbeitgeberstandorte sowie die Fahrradinfrastruktur
2. Die Analyse der **Angebotsqualität im ÖPNV** auf Basis einer Erschließungsanalyse von ÖPNV und intermodal im Zusammenspiel mit dem Fahrrad sowie einen Reisezeitenvergleich (MIV, ÖPNV, ÖPNV + Rad für die erste und/ oder letzte Meile)
3. Die Berechnung und Darstellung des **detaillierten räumlichen Potenzials** für Bike- und E-Scootersharing, Lastenradsharing und Motorrollersharing anhand unseres Potenzialscores

Wir freuen uns Ihnen neben diesem Bericht auch ein interaktives und HTML-basiertes Interface mit unseren Untersuchungsergebnissen zur Verfügung zu stellen. Eine kurze Beschreibung zur Bedienung und Inhalten findet sich in Kapitel 3.

Insbesondere der Potenzialscore soll Ihnen Anhaltspunkte dazu geben, wo Sharing-Angebote auf Basis der Nachfrage Sinn ergeben. Weitere umfassende Ergebnisse zu der Grundsatzuntersuchung geteilte Mikromobilität können Sie den Zwischenberichten und dem Endbericht zum Hauptprojekt entnehmen.

2. Räumliche Voraussetzungen

Die räumlichen Voraussetzungen zu verstehen ist der erste wichtige Schritt, um das Potenzial von Mikromobilität in einer Region bestimmen zu können. Wir beschreiben im Folgenden die **Demographie**, die **Points of Interest (POIs)** und **Arbeitgeberstandorte** sowie die **Fahrradinfrastruktur**. All diese Daten sind in unseren Potenzialscore für geteilte Mikromobilität eingeflossen, den wir in Kapitel 4 vorstellen. Die Angebotsqualität ÖPNV beschreiben wir darüber hinaus in Kapitel 5.

Die Analyse der räumlichen Voraussetzungen zeigt, dass im LK Starnberg insbesondere entlang der beiden S-Bahnlinien ein erhöhtes Potenzial für Mikromobilitätsangebote vorhanden ist. Alle großen Gemeinden sind an die S-Bahn angebunden. Mit Bikesharing-Angeboten können ausgehend von den Stationen die „erste und letzte Meile“ besser in den ÖPNV integriert werden. Darüber hinaus kann Mikromobilität in der Region in Verbindung mit der Freizeitmobilität weiteres Potenzial entfalten.

Demographie

Im LK Starnberg wohnen auf einer Fläche von 488 km² rund 139.100 Menschen (Stand: 2022). Dies entspricht einer für das Münchener Umland vergleichsweise hohen Bevölkerungsdichte von 285 Einwohner*innen je km². Der Landkreis setzt sich aus 14 Gemeinden zusammen. In den drei bevölkerungsstärksten Gemeinden wohnen rund 46,3 % aller Starnberger*innen (64.400 Einw.). Die drei größten Gemeinden sind Gauting (21.300 Einw.) und Gilching (19.300 Einw.), die im Norden des Landkreises liegen, sowie die Kreisstadt Starnberg (23.800 Einw.) im Zentrum von Starnberg.¹

Die Einwohner*innenzahl des gesamten Landkreises ist in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich angewachsen. Im Jahr 2002 zählte Starnberg mit einer Bevölkerungszahl von rund 127.500 knapp 11.600 Menschen weniger als heute, was einem Bevölkerungswachstum in diesem Zeitraum von 9,1 % entspricht.² Bis zum Jahr 2042 prognostiziert das bayerische Landesamt für Statistik ein weiteres Wachstum auf

¹ Bayerisches Landesamt für Statistik (2022): Einwohnerzahlen am 30. September 2022

² Statistisches Bundesamt (2022): Entwicklung der Einwohnerzahl im Landkreis Starnberg von 1995 bis 2021

143.900 Einwohner*innen (+3,5 %). Damit weist der LK Starnberg in der Region ein vergleichsweise geringes Bevölkerungswachstum auf.³

Auf der Karte in Abbildung 10 (siehe Anhang) wird sichtbar, dass die bevölkerungsstarken Gemeinden vor allem im Norden in der Nähe zur LHM und im Süden am Starnberger See liegen. Das Zentrum des Landkreises ist weniger dicht besiedelt und zeichnet sich durch eine Vielzahl landwirtschaftlicher Fläche aus. Insgesamt ist die Bevölkerungsverteilung im LK Starnberg jedoch weniger stark heterogen ausgeprägt als in den anderen untersuchten Landkreisen. Laut Pendleratlas pendeln täglich knapp 86.200 Menschen in und aus dem LK Starnberg. Ein Großteil dessen – 16.300 Personen – pendelt in die Landeshauptstadt München.⁴

Points of Interest (POIs) und Arbeitgeberstandorte

Points of Interest (POIs), also Orte und Einrichtungen im öffentlichen Interesse, sind wesentlicher Ziel- und Ausgangspunkt von Wegstrecken. Im Landkreis Starnberg befinden sich die meisten POIs innerhalb der bevölkerungsstarken Gemeindezentren (siehe Abbildung 11). Eine der Top-Sehenswürdigkeiten ist das Kloster Andechs im Norden des Gemeindezentrums von Andechs. Darüber hinaus ziehen insbesondere der Starnberger See als auch der Ammersee jedes Jahr Tausende Touristen und Einwohner*innen aus der Region zugleich an.

Der Tourismus ist für den Landkreis ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Darüber hinaus sind jedoch auch viele kleine und mittelständige Unternehmen in Starnberg sesshaft. Die IHK zählt 1.439 Industrie-, 1.848 Einzelhandels- und 1.345 Großhandelsstandorte im LK Starnberg.⁵ Ein wichtiges Gewerbegebiet ist beispielsweise das Gewerbegebiet im Süden von Neugilching, auf dem auch das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum ansässig ist. Das Gebiet ist rund 1,5 km vom nächsten S-Bahnhof entfernt und ist damit ein Beispiel dafür, wo Mikromobilitätsangebote sinnvoll den ÖPNV ergänzen könnten.

Dadurch, dass Studierende zu den Hauptnutzer*innen von Mikromobilität gehören, sind Universitäten und weiterführende Bildungseinrichtungen für die Planung von

³ Bayerisches Landesamt für Statistik (2021): Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2041

⁴ Pendleratlas (2023): Starnberg

⁵ IHK (2022): Landkreis Starnberg

Angeboten besonders zu berücksichtigen. Außer der Hochschule für den öffentlichen Dienst in Starnberg befinden sich aber keine größere Bildungseinrichtung im LK Starnberg.

Fahrradinfrastruktur

Die Literaturrecherche zeigt, dass die Infrastruktur für aktive Mobilität v. a. Radverkehrsinfrastruktur einer der am häufigsten berücksichtigten Faktoren bei der Planung von geteilter Mikromobilität ist.⁶ Dabei spielt nicht nur die Dichte des Radverkehrsnetzes eine Rolle, sondern auch die Fahrradfreundlichkeit der Straßen. MunichWays hat Bewertungskriterien für die Radwege in der Landeshauptstadt München und ihrer Umgebung entwickelt. Die Straßen werden vier Hauptkategorien zugeordnet:⁷

- Gemütlich und komfortabel: Radweg ist breit, sicher, eben (grün)
- Durchschnittlich: Radweg ist akzeptabel, verbesserungswürdig (gelb)
- Stressig: Radweg ist sehr schmal, nicht komfortabel (orange)
- Sehr stressig: kein Radweg auf vielbefahrenen Straßen (rot)

Für die Analyse der Fahrradinfrastruktur im Landkreis Starnberg haben wir die von Ihnen erhaltenen Fahrradinfrastruktur-Daten mit den MunichWays-Daten kombiniert und in Abbildung 13 dargestellt. Wie die Abbildung zeigt, verfügt der Landkreis Starnberg über ein relativ dichtes Radwegenetz. Die meisten von MunichWays bewerteten Radwege im Landkreis Starnberg wurden als gemütlich oder durchschnittlich eingestuft.

⁶ Geipel, M. (2022): Factors of the built and social environments associated with the allocation of mobility hubs: A systematic literature review

⁷ MunichWays: Bewertungskriterien für Radwege, <https://www.munichways.de/bewertungskriterien-radwege/>

3. Beschreibung des Dashboards

Die durchgeführten Analysen und deren Ergebnisse und Visualisierungen für diesen Zwischenbericht haben wir in einem Dashboard dargestellt. Für jeden der MVV-Landkreise und für die Landeshauptstadt München gibt es ein Dashboard, das sich aus drei Seiten zusammensetzt:

1. **Potenzialscore:** Die erste Seite enthält eine interaktive Karte mit dem Potenzialscore für geteilte Mikromobilität und allen Inputfaktoren, die wir für diese Analyse verwendet haben. Unsere genaue Methode zur Berechnung des Potenzialscores entnehmen Sie dem Anhang unter Kapitel 6.5. Jeder Layer kann ein- oder ausgeblendet werden. Bei der Einblendung von einem Layer wird die passende Legende automatisch auf der Karte angezeigt. Weitere Informationen zu den einzelnen Layern und den Datenquellen entnehmen Sie der linken Seite des Dashboards. Die gezeigten Layer unterscheiden sich teilweise zwischen der LHM und den Landkreisen. Dies liegt an der unterschiedlichen Verfügbarkeit der zugrundeliegenden Datensätze.

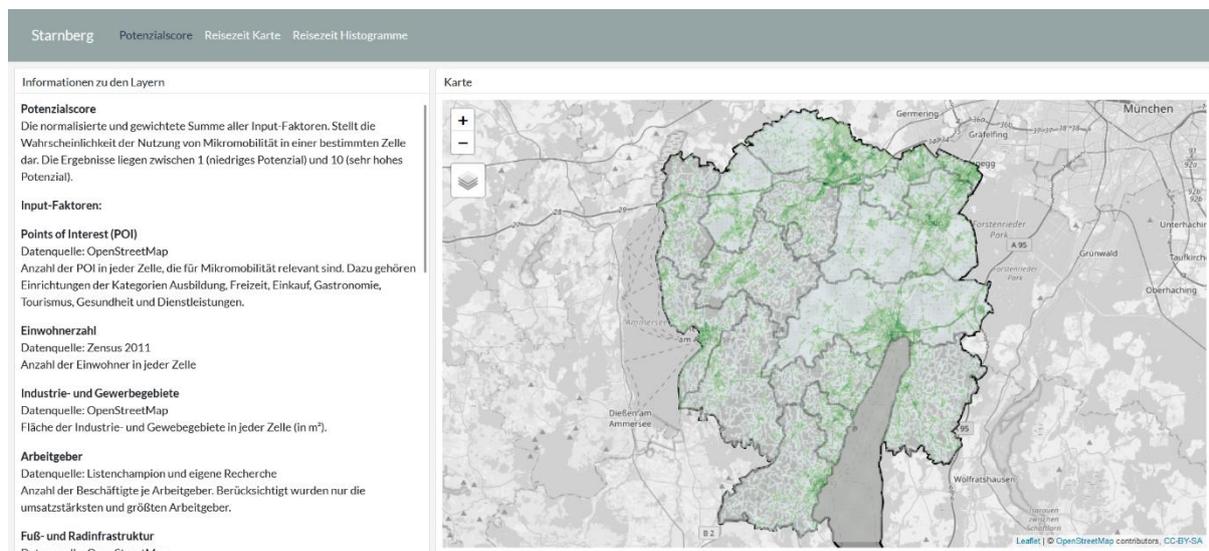


Abbildung 1: Potenzialscore im Dashboard für den Landkreis Starnberg

2. **Reisezeitkarte:** Auf der zweiten Seite werden die Ergebnisse der Reisezeitanalyse in einer interaktiven Karte dargestellt. Das Dashboard ermöglicht die Berechnung von drei Reisezeitwerten:

- **Reisezeit in Minuten** von einer Wegekette mit einem einzelnen Verkehrsmittel (Auto, ÖPNV) oder von einer intermodalen Wegekette (z. B. erste Meile mit dem Fahrrad > ÖPNV > letzte Meile zu Fuß)
- **Reisezeitverhältnis** von zwei Verkehrsmitteln oder Kombinationen von Verkehrsmitteln (z. B. Reisezeitverhältnis von ÖPNV zu Auto)
- **Reisezeitunterschied** zwischen dem ÖPNV als einziges Verkehrsmittel (inkl. Fußwegen) und der Kombination von ÖPNV mit Fahrrad für die erste und/oder letzte Meile

Um die Reisezeitwerte zu berechnen, wird als Erstes der Stadtbezirksteil oder die Kommune, wo die Fahrt anfängt, ausgewählt. Als nächstes der Reisezeitwert, der berechnet werden soll. In Abbildung 2 ist dies am Beispiel der Gemeinde „Andechs“ für die Berechnung der Reisezeit von einer Wegekette mit ÖPNV und Fahrrad für die erste und letzte Meile dargestellt. Die Ergebnisse der Berechnung werden sowohl in der interaktiven Karte als auch in einer Tabelle angezeigt. Weitere Erläuterungen zur Methode finden sich im Anhang unter Kapitel 6.8.

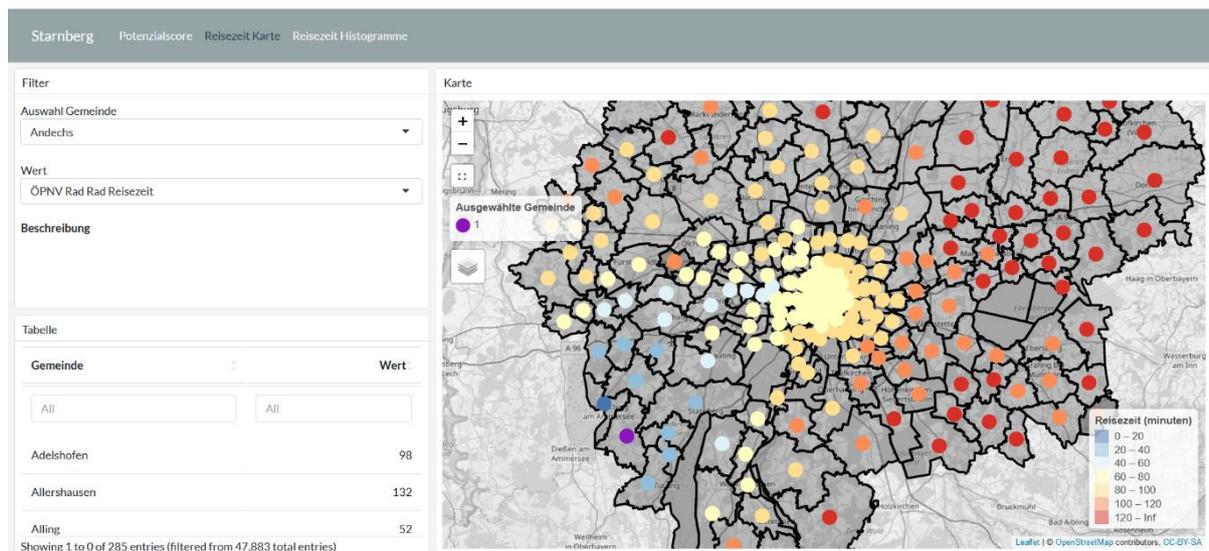


Abbildung 2: Ergebnisse der Reisezeitanalyse von einer Wegekette mit ÖPNV und Fahrrad für die erste und letzte Meile von dem Mittelpunkt von Andechs zu allen anderen Kommunen

3. **Reisezeit Histogramme:** Die dritte Seite zeigt die Reisezeitunterschiede zwischen dem ÖPNV als einziges Verkehrsmittel (inkl. Fußwegen) und drei weiteren Variationen von intermodalen Wegeketten mit dem Fahrrad als Option (Fahrrad als erste und / oder letzte Meile). Diese Reisezeitunterschiede werden als drei Histogramme dargestellt.

Die obere Hälfte eines jeden Histogramms zeigt die Verteilung der Werte von der ausgewählten Kommune zu jeder anderen Kommune und die untere Hälfte entsprechend von allen Kommunen in die ausgewählte Kommune. Jede Säule in dem Histogramm steht für einen 2-Minuten-Intervall. Je höher die Säule, desto mehr Routen haben den entsprechenden Reisezeitunterschied. Anhand des Histogramms wird auf einen Blick deutlich, wie signifikant der Reisezeitvorteil in den unterschiedlichen intermodalen Wegeketten ausfällt. Je mehr Fahrten einen großen Reisezeitunterschied aufweisen, desto attraktiver ist die intermodale Verknüpfung von Wegeketten von oder zu der ausgewählten Kommune.

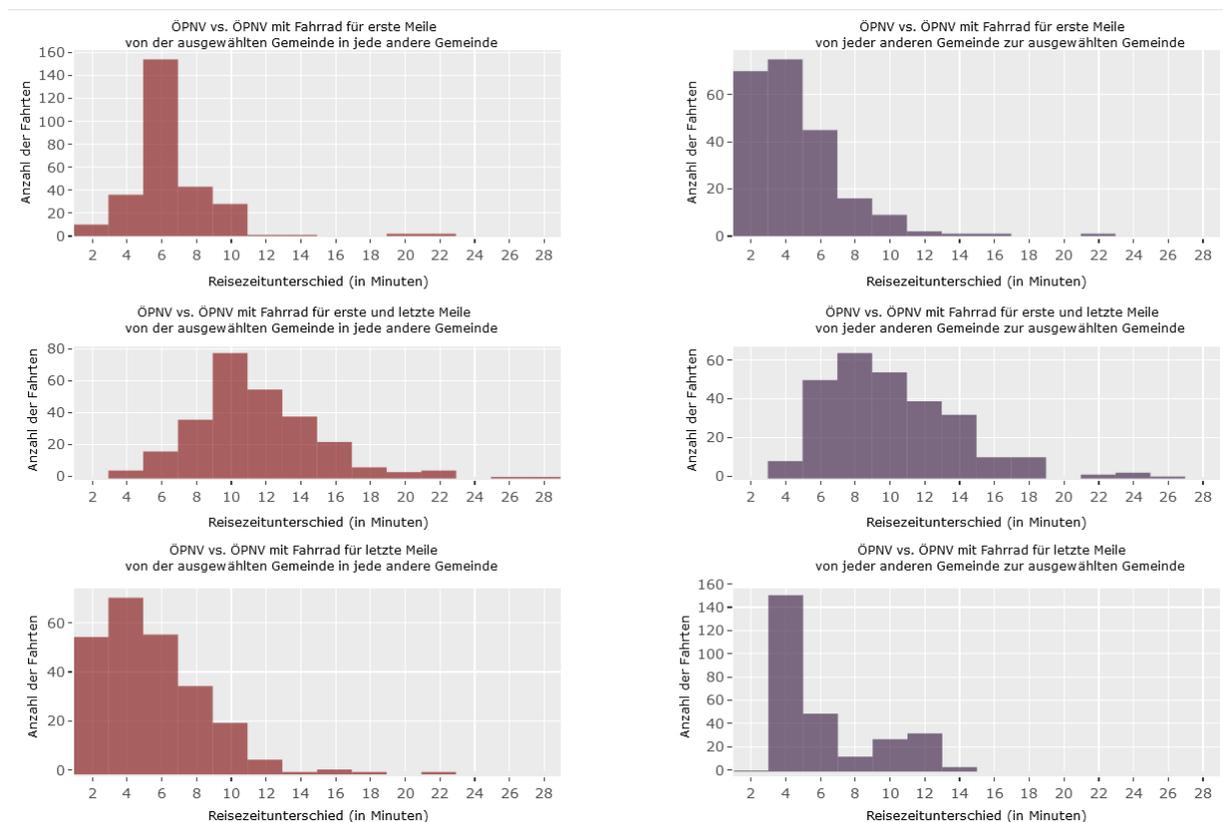


Abbildung 3: Reisezeit Histogramme

4. Detailliertes räumliches Potenzial

Der Potentialscore zeigt das Potenzial für geteilte Mikromobilitätsangebote auf einer Skala von 0 (niedriges Potenzial) bis 10 (sehr hohes Potenzial). Er hilft Ihnen dabei die zu **erwartenden Ausleihen** abzuschätzen und eine **Stationsplanung** vorzunehmen.

Den Potenzialscore für Bike- und E-Tretrollersharing haben wir in Abbildung 5 visualisiert. Die Daten finden Sie ebenfalls in interaktiver Form in unserem Dashboard. Daneben haben wir Potenzialscores für Lastenräder und Motorroller erstellt, die ebenfalls im Dashboard dargestellt werden.



Abbildung 4: Schritte zur Berechnung des Potenzialscores

Für die Berechnung sind wir in **sechs Schritten** vorgegangen. Für sieben Input-Faktoren, die in Verbindung zur Nutzung von geteilter Mikromobilität stehen, wurden entsprechende Datenquellen aufbereitet. Das sind beispielsweise Einwohnerdaten oder Daten zur Fuß- und Radinfrastruktur im MVV. Da die Faktoren unterschiedlich stark auf das Potenzial schließen lassen, haben wir sie gewichtet. Dafür haben wir Korrelationsanalysen zwischen den einzelnen Faktoren und der aktuellen Nutzung ermittelt und eine Literaturrecherche durchgeführt. Points of Interest, beispielsweise Ausbildungs- oder Freizeiteinrichtungen, fallen besonders stark ins Gewicht. Auf einem Raster von 100 x 100 Metern wird schließlich der Potenzialscore berechnet und validiert. Um die Visualisierung des Potenzialscores zu vereinfachen, haben wir die Ergebnisse anhand der von mundialis bereitgestellten Landnutzung⁸ gefiltert. Wir haben dabei nur die Kategorie "bebaut" berücksichtigt. Dies bedeutet, dass nur Zellen mit bebauten Flächen in den Ergebnissen berücksichtigt wurden. Zuletzt haben wir die Kategorien des Potenzialscores in zu erwartende Ausleihen pro Fahrzeug übersetzt. Die Input-Faktoren und unsere Methode erläutern wir im Anhang unter 6.5 detailliert.

⁸ <https://data.mundialis.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/9246503f-6adf-460b-a31e-73a649182d07>

Anhand des Potenzialscores lassen sich die **zu erwartenden Ausleihen** grob abschätzen. Als Anhaltspunkt können wir Ihnen die folgende Umrechnung des Potenzialscores in Ausleihen pro Fahrzeug/Tag für Bikesharing und E-Tretrollersharing an die Hand geben. Sie sind in der folgenden Tabelle 1 dargestellt. Die Umrechnung bezieht sich nicht auf den Wert einzelner Zellen vom 100 x 100 Meter-Raster, sondern den Durchschnitt in einer Kommune, bzw. für die LHM einen Stadtbezirksteil. Die genaue Herleitung der Zahlen können Sie dem Anhang 6.5 Schritt 6 entnehmen.

Tabelle 1: Schätzung der Ausleihen pro Fahrzeug/Tag nach Potenzialscore

Durchschnittlicher Potenzialscore je Kommune und Stadtbezirksteil	Geschätzte durchschnittliche Ausleihen pro E-Tretroller / Tag (Grobschätzung)		Geschätzte durchschnittliche Ausleihen pro Fahrrad / Tag (Grobschätzung)	
	Min	Max	Min	Max
0 – 1	0,0	0,0	0,0	0,2
1 – 2	0,4	0,7	0,3	1,4
2 – 3	0,8	1,5	0,4	1,7
3 – 4	1,5	3,0	0,5	2,3
4 – 5	3,2	6,5	1,0	4,8

Für die geschätzten Ausleihen haben wir einen minimalen und einen maximalen Wert berechnet, da die Ausleihzahlen von der Ausgestaltung des Systems und den Rahmenbedingungen abhängig sind. Als Anhaltspunkte für die Berechnung haben wir die durchschnittlichen Ausleihzahlen in München und anderer deutscher Städte berücksichtigt⁹. In Bezug auf Fahrräder bezieht die Schätzung keine Pedelecs mit ein, die in der Regel eine deutlich höhere Auslastung aufweisen. Die Ausleihzahlen von Pedelecs können mehr als doppelt so hoch ausfallen, wie die von normalen Fahrrädern.

Für die konkrete **Planung von Stationen** empfehlen wir wiederum den Potenzialscore im 100 x 100 Meter-Raster. Er zeigt räumlich sehr genau, wo das meiste Potenzial zu erwarten ist. Für die Entscheidung zur Anzahl von Stationen und Fahrrädern ist eine

⁹ Ausleihzahlen pro Fahrzeug in europäischen Städten wie Paris, London oder Barcelona liegen in der Regel deutlich höher als in Deutschland

Abwägung im Einzelfall zu treffen. Wir werden im Endbericht eine Handlungsempfehlung aussprechen.

Aus der Verteilung des Potenzialscores über verschiedene **Raumtypen** hinweg konnten wir folgende Erkenntnisse ziehen (s. auch Abbildung 22 im Anhang):

- Es ist ein starker Zusammenhang zwischen Raumtypen und Potenzialscore erkennbar. Das Potenzial ist besonders hoch in den städtischen Raumtypen, vor allem in den RegioStar-Typen¹⁰ Metropole, Mittelstadt und Städtischer Raum einer Metropolitanen Stadtregion. Ca. 61 % der Rasterzellen in der LHM haben einen Potenzialscore höher als 3.
- Im Landkreis Starnberg sind alle Gemeinden bis auf Andechs als städtische Raumtypen betrachtet.
- Im Vergleich zu den anderen Gemeinden weisen Gauting, Gilching und Starnberg ein höheres Potenzial für Mikromobilität auf.
- Auch in den größten Siedlungen und Dörfern in den ländlichen Räumen ist punktuell ein hoher Potenzialscore zwischen 4 und 6 zu sehen.
- Das Potenzial für Bike- und E-Tretrollersharing ist höher als das Potenzial für Lastenrad- und Motorrollersharing im MVV-Raum.
- Das Potenzial für Bike-, E-Tretroller- und Lastenradsharing ist im gesamten städtischen Raum verteilt, während das Potenzial für Motorrollersharing hauptsächlich in den Zentren der Städte zu sehen ist.
- Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Potenzial für Mikromobilität und der Qualität des öffentlichen Verkehrs. In Orten, wo die ÖPNV-Qualität als gut oder sehr gut bewertet wird, ist der Potenzialscore ebenfalls hoch (4 bis 6). Oft bündeln sich an den Verkehrsknotenpunkten weitere begünstigende Faktoren, beispielsweise eine hohe Dichte an Points of Interest.
- Der Potenzialscore ist auf das reine Potenzial in Bezug auf die Ausleihen ausgerichtet. In der Planung von Stationen macht es je nach Zielstellung Sinn, andere Faktoren stärker zu gewichten. Wenn beispielsweise der Verknüpfung mit dem ÖPNV ein höherer Stellenwert zufallen soll, um in der Fläche eine bessere Erschließung zu erreichen,

¹⁰ BMDV (2021): Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR), <https://bmdv.bund.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/regionalstatistische-raumtypologie.html>

empfehlen wir unsere ÖPNV-Bestandsanalyse zusätzlich hinzuzuziehen. Für eine Standortwahl mit Fokus auf soziale Gerechtigkeit können die soziodemographischen Daten noch einmal gesondert berücksichtigt werden.

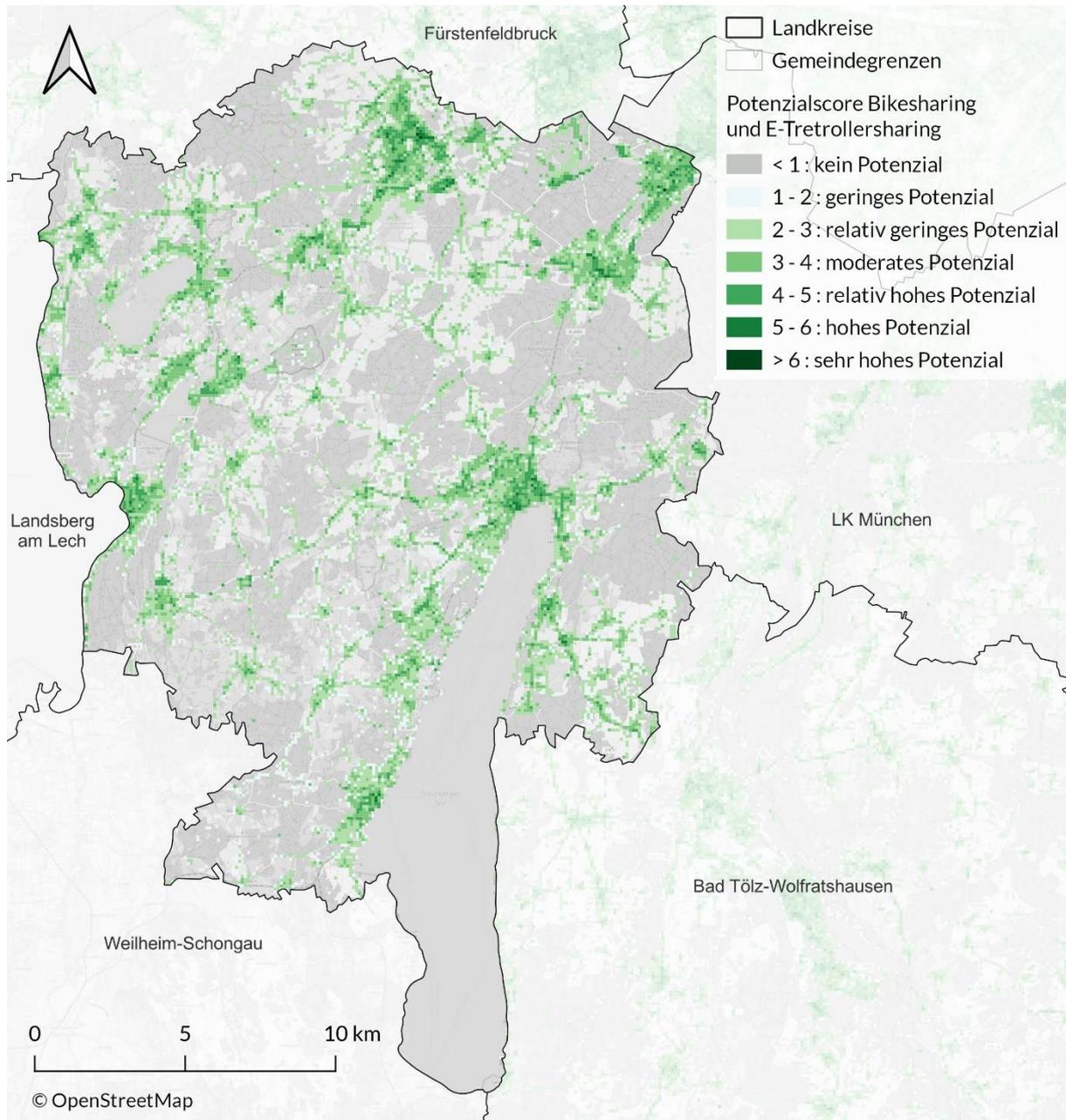


Abbildung 5: Potenzialscore für Bike- und E-Tretrollersharing im Landkreis Starnberg in 100 x 100 Meter-Zellen. Nur Zellen mit bebauten Flächen werden in dieser Karte dargestellt.

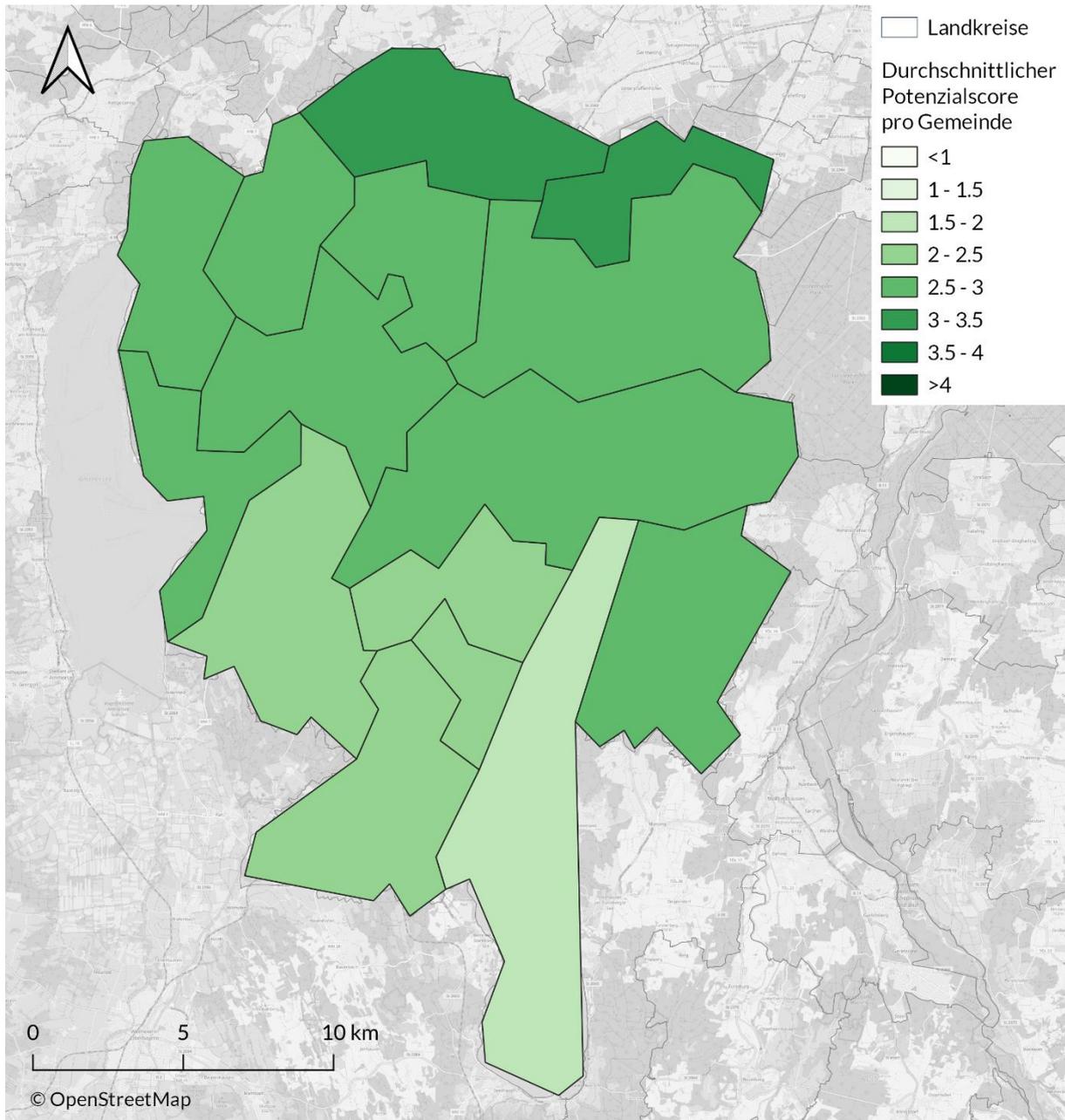


Abbildung 6: Potenzialscore für Bike- und E-Tretrollersharing im Landkreis Starnberg im Durchschnitt für jede Kommune

5. ÖPNV-Bestandsanalyse

Ein wesentlicher Bestandteil der Analyse für das Potenzial von geteilter Mikromobilität ist die Qualität des ÖPNV. Je nach Angebotsqualität sind Nutzer*innen mehr oder weniger auf Alternativen oder Ergänzungen für die erste und letzte Meile angewiesen. Mit einem dichten und attraktiven öffentlichen Mobilitätsangebot inklusive geteilter Mikromobilität sind Menschen schneller, flexibler und stressfreier unterwegs.

Auch wenn der ÖPNV als Daseinsvorsorge entlegenere Gebiete erschließt, bedient er in der Regel vor allem die nachfragestärksten Relationen. Lücken im ÖPNV, für die es Mikromobilität zur Überwindung braucht, finden sich also vor allem dort, wo es beispielsweise aufgrund einer geringen Bevölkerungs- oder Einrichtungsdichte wenig Potenzial gibt. Um dem vorzubeugen können die Ergebnisse unserer ÖPNV-Bestandsanalyse herangezogen werden.

Wir haben drei Arten von Analysen durchgeführt (s. Abbildung 7, Abbildung 8 und Abbildung 9), um die aktuelle Angebotsqualität im ÖPNV hinsichtlich des Potenzials für geteilte Mikromobilität zu bewerten:

1. **ÖPNV-Qualität** im Hinblick auf die Anzahl der Abfahrten, die Betriebszeiten, die fußläufige Erreichbarkeit und die Anzahl von Angeboten an einzelnen Haltestellen.
2. Die **intermodale Erschließung mit dem Fahrrad** im Hinblick auf die Gegenden, von denen aus eine ÖPNV-Haltestelle mit dem Fahrrad am besten zu erreichen ist.
3. Eine **Reisezeitanalyse**, um die Kommunen und Stadtbezirksteile zu identifizieren, von denen sich in Bezug auf die Reisezeit ein signifikanter Vorteil ergibt, wenn man das Fahrrad als erste und/oder letzte Meile zum ÖPNV nutzt.

Die Ergebnisse der Analysen sind vor allem Input für unseren Potenzialscore. In Bezug auf geteilte Mikromobilität helfen Sie Ihnen Argumente zu finden, wo und wieso sich geteilte Mikromobilität besonders lohnt. Beispielsweise, weil Lücken im ÖPNV-Angebot geschlossen werden oder weil sich ein deutlicher Reisezeitvorteil ergibt und sich so eine echte Alternative zum privaten Pkw eröffnet. Darüber hinaus können die Ergebnisse auch für die Infrastruktur- und Angebotsplanung von Fuß-, Fahrrad- und ÖPNV-Verkehren verwendet werden.

Die Ergebnisse haben wir in Kartenform im Folgenden aufbereitet und durch Kernerkenntnisse und methodische Erläuterungen ergänzt. Für eine detaillierte Betrachtung der Ergebnisse verweisen wir auf unser interaktives Dashboard, das in Kapitel 3 näher beschrieben ist. Eine detailliertere Beschreibung der Methode finden Sie im Anhang 6.7 bis 6.9.

Die wichtigsten Ergebnisse der ÖPNV-Analyse in Bezug auf **Raumtypen** fassen wir wie folgt zusammen (s. auch Abbildung 23 im Anhang):

- In den Raumtypen Metropole, Mittelstadt und Städtischer Raum einer Metropolitanen Stadtregion ist die ÖPNV-Qualität gut bis sehr gut (siehe Abbildung 7)
- In den meisten Kommunen mit den Raumtypen Kleinstädtischer, dörflicher Raum einer Metropolitanen Stadtregion, Städtischer Raum und Kleinstädtischer, dörflicher Raum einer Stadtregionsnahen ländlichen Region ist die ÖPNV-Qualität mittel bis gut. Ein paar Kommunen in den Landkreisen Fürstfeldbruck und Starnberg sind Ausnahmen und zeigen gute bis sehr gute ÖPNV-Qualität.
- Die ÖPNV-Qualität in den meisten Kommunen mit den Raumtypen Städtischer Raum und Kleinstädtischer, dörflicher Raum einer Peripheren ländlichen Region ist niedrig bis mittel. Die ÖPNV-Qualität hängt sehr stark mit dem Raumtyp zusammen.
- Viele Siedlungen von allen Raumtypen können mit einer besseren intermodalen Fahrrad-Erschließung zu den Verknüpfungspunkten profitieren. E-Tretroller können ähnliche Vorteile bieten, während Pedelecs den Erschließungsradius erhöhen können.
- Die Nutzung des Fahrrads als erste und letzte Meile zu den ÖPNV-Haltestellen spart den Nutzer*innen im Landkreis München im Vergleich zur ausschließlichen Nutzung des ÖPNV als Verkehrsmittel zwischen 6 und 18 Minuten (siehe Abbildung 9).
- Im MVV-Raum ist man mit dem Auto etwa 2,06-mal so schnell unterwegs wie mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Wenn man jedoch das Auto mit einer Kombination aus ÖPNV und Fahrrad für die erste und letzte Meile vergleicht, beträgt dieser Wert nur 1,69.

5.1 ÖPNV-Qualität

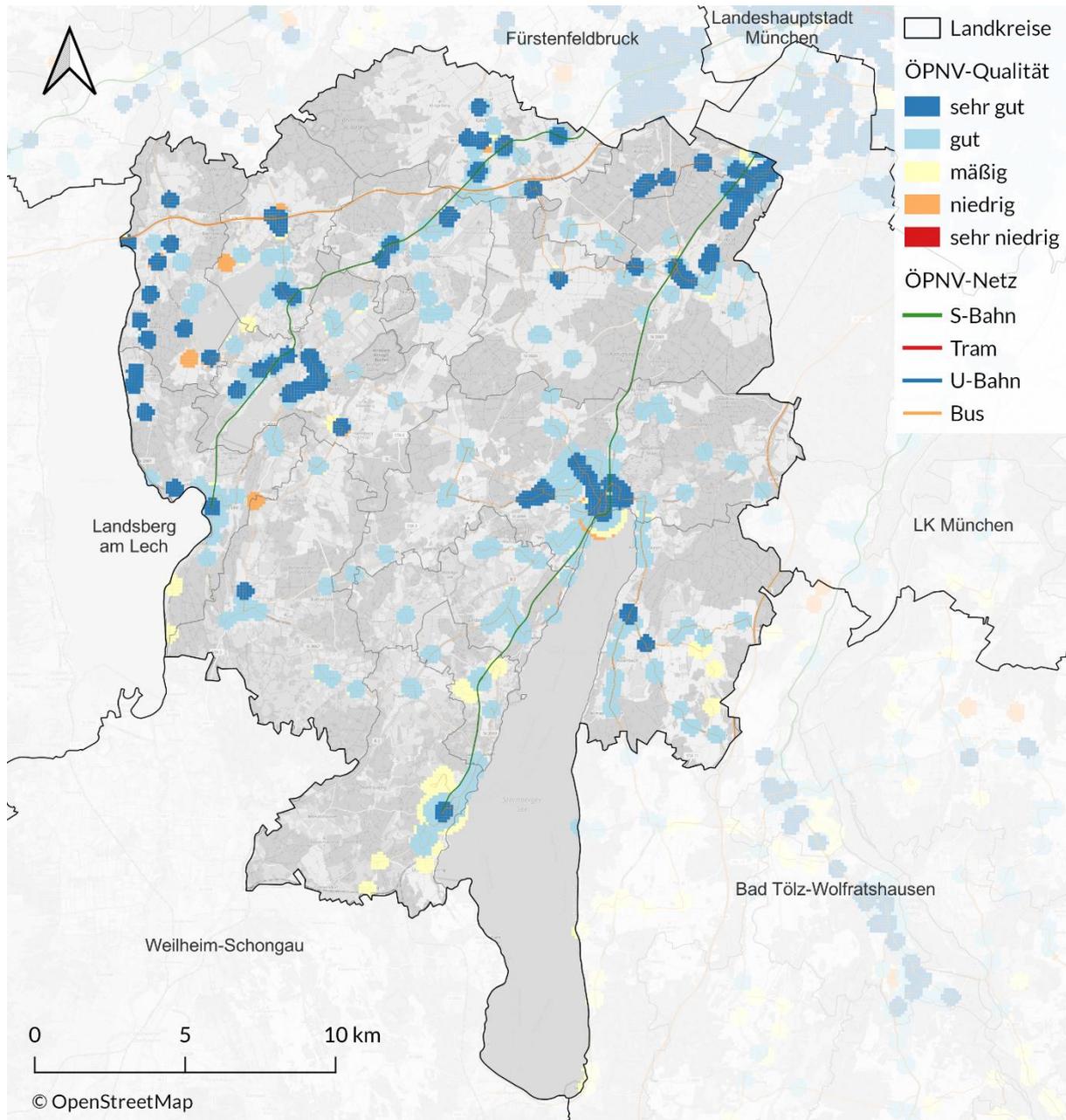


Abbildung 7: ÖPNV-Qualität im Landkreis Starnberg

5.2 Erschließung Fahrrad intermodal

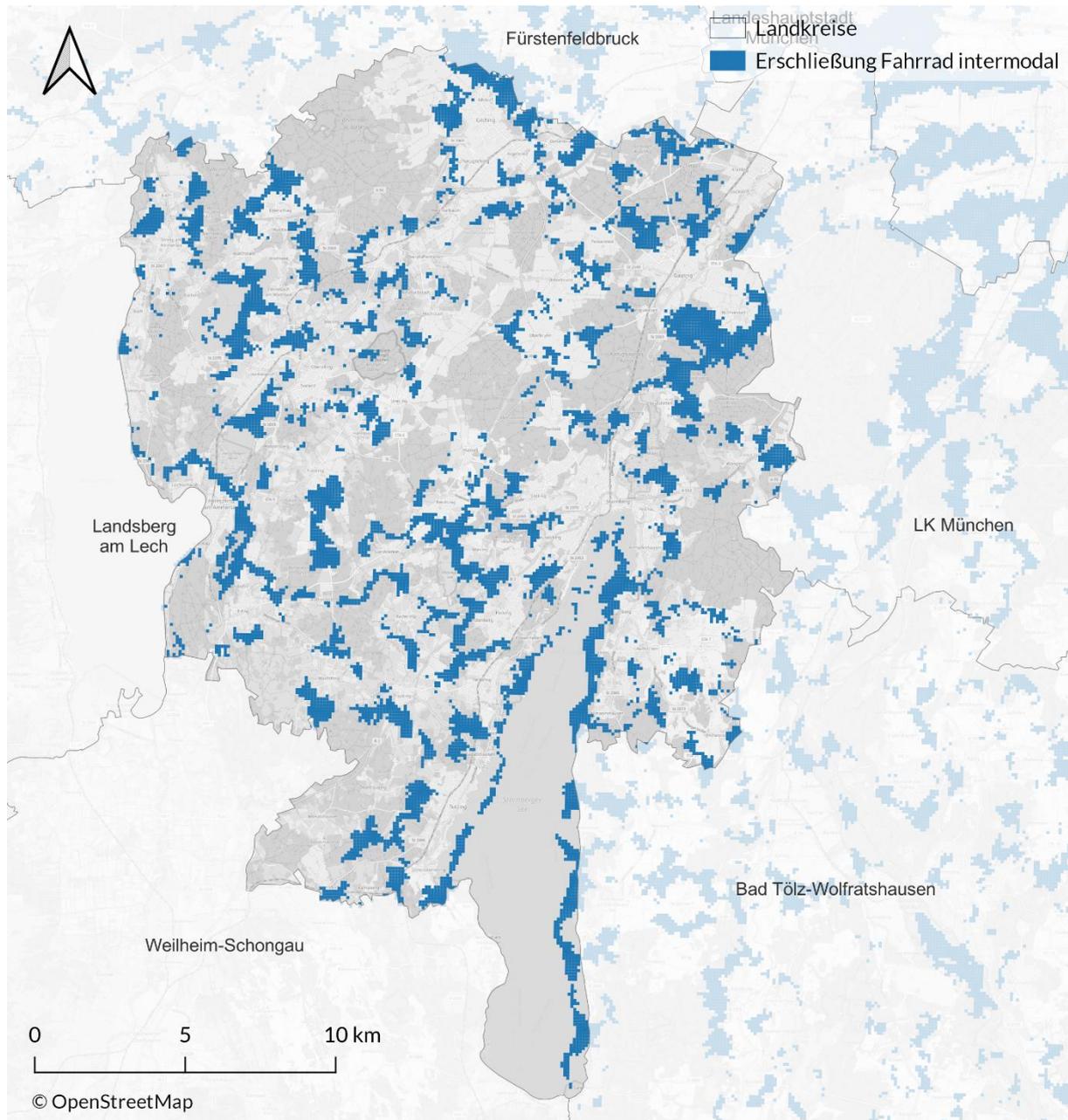


Abbildung 8: ÖPNV-Erschließung mit dem Fahrrad intermodal im Landkreis Starnberg: In den blauen Bereichen erreicht man mit dem Fahrrad bequem einen ÖPNV-Verknüpfungspunkt im Gegensatz zum zu Fuß Gehen

5.3 Reisezeitanalyse

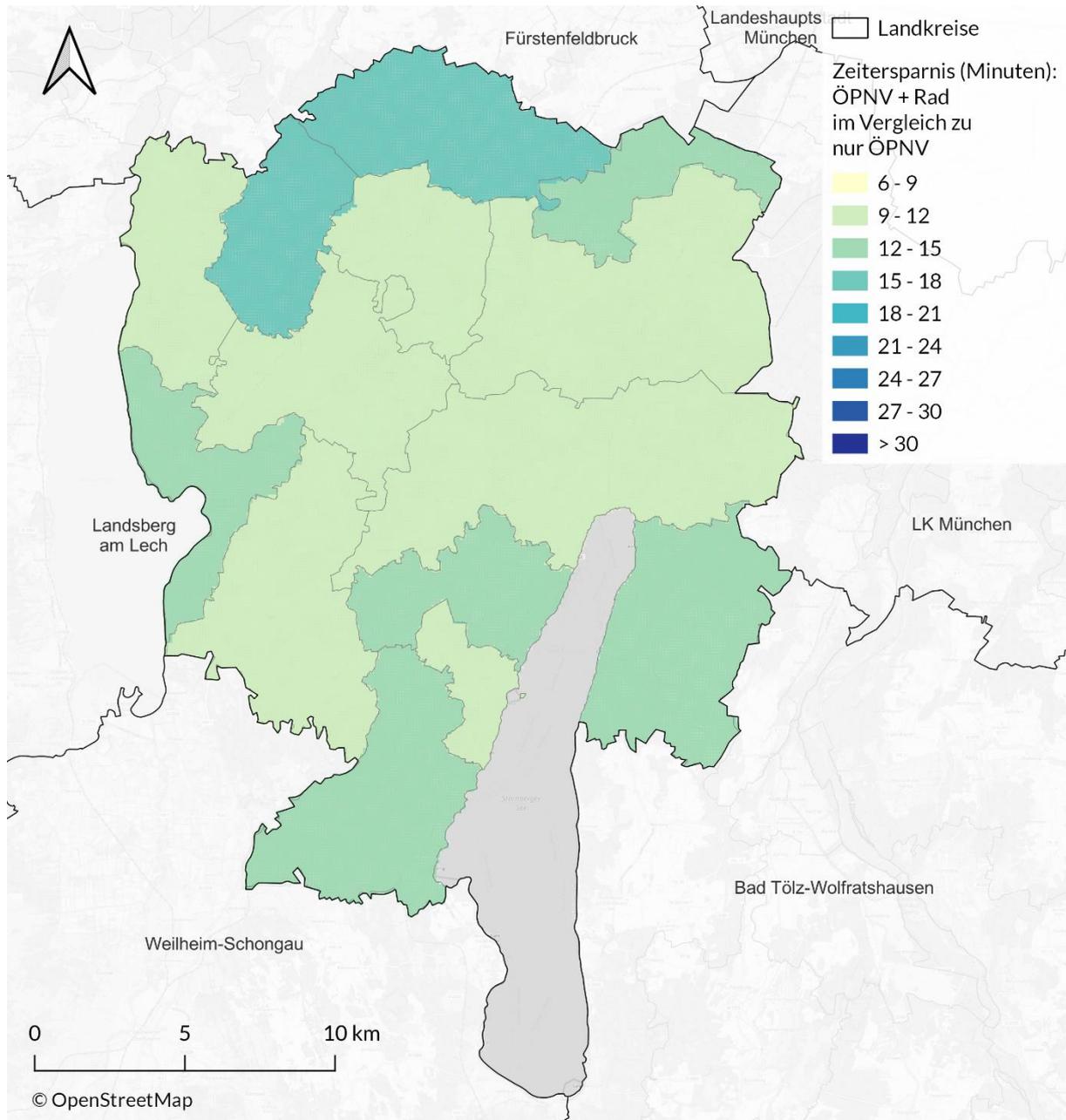


Abbildung 9: Zeitersparnis in Minuten von der Nutzung von ÖPNV + Rad im Vergleich zu nur ÖPNV

6. Anhang

6.1 Einwohnerverteilung kartographisch

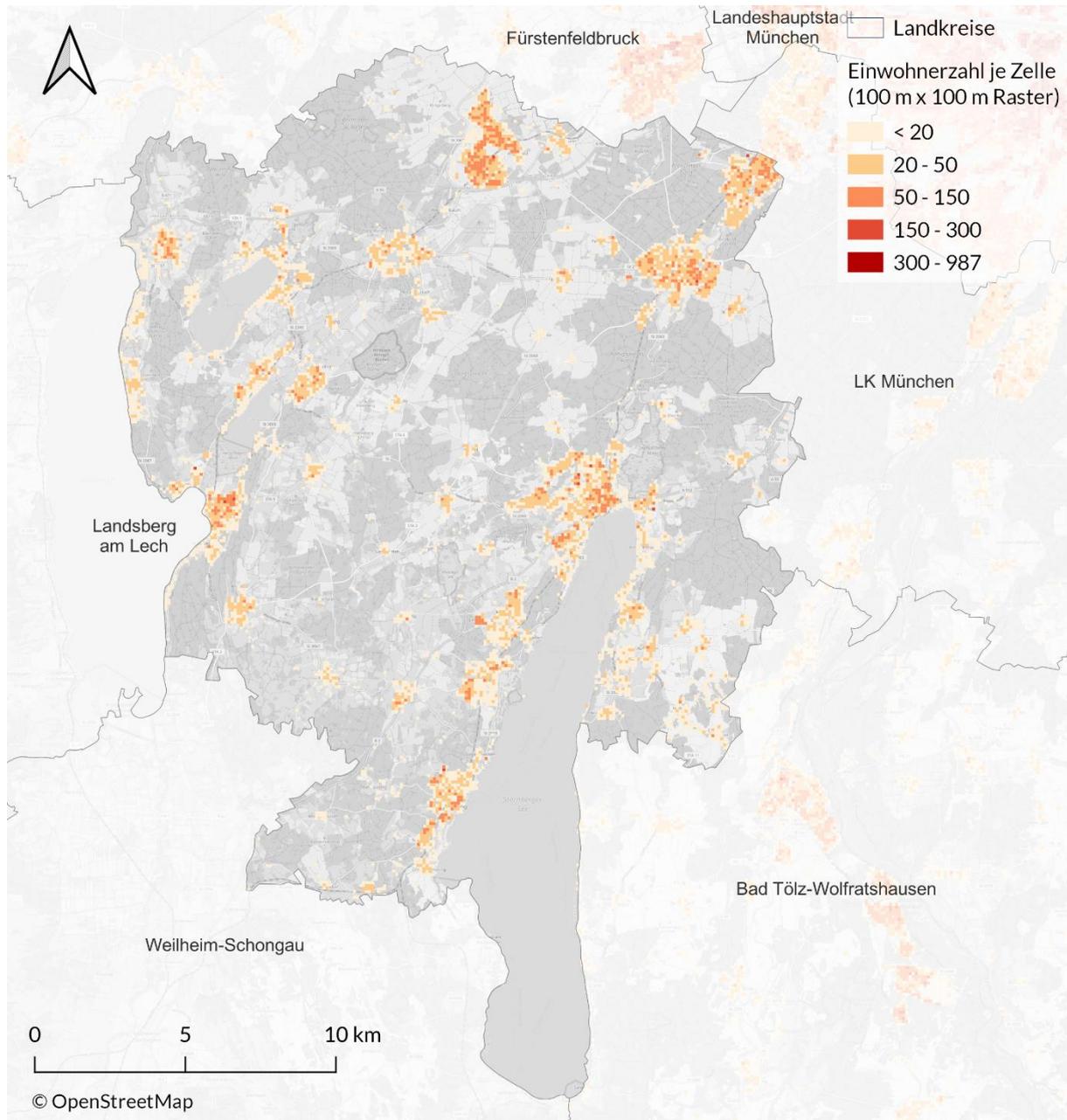


Abbildung 10: Verteilung der Einwohnerzahl im Landkreis Starnberg, Datenquelle: Zensus 2011

6.2 Points of Interest (POI) kartographisch

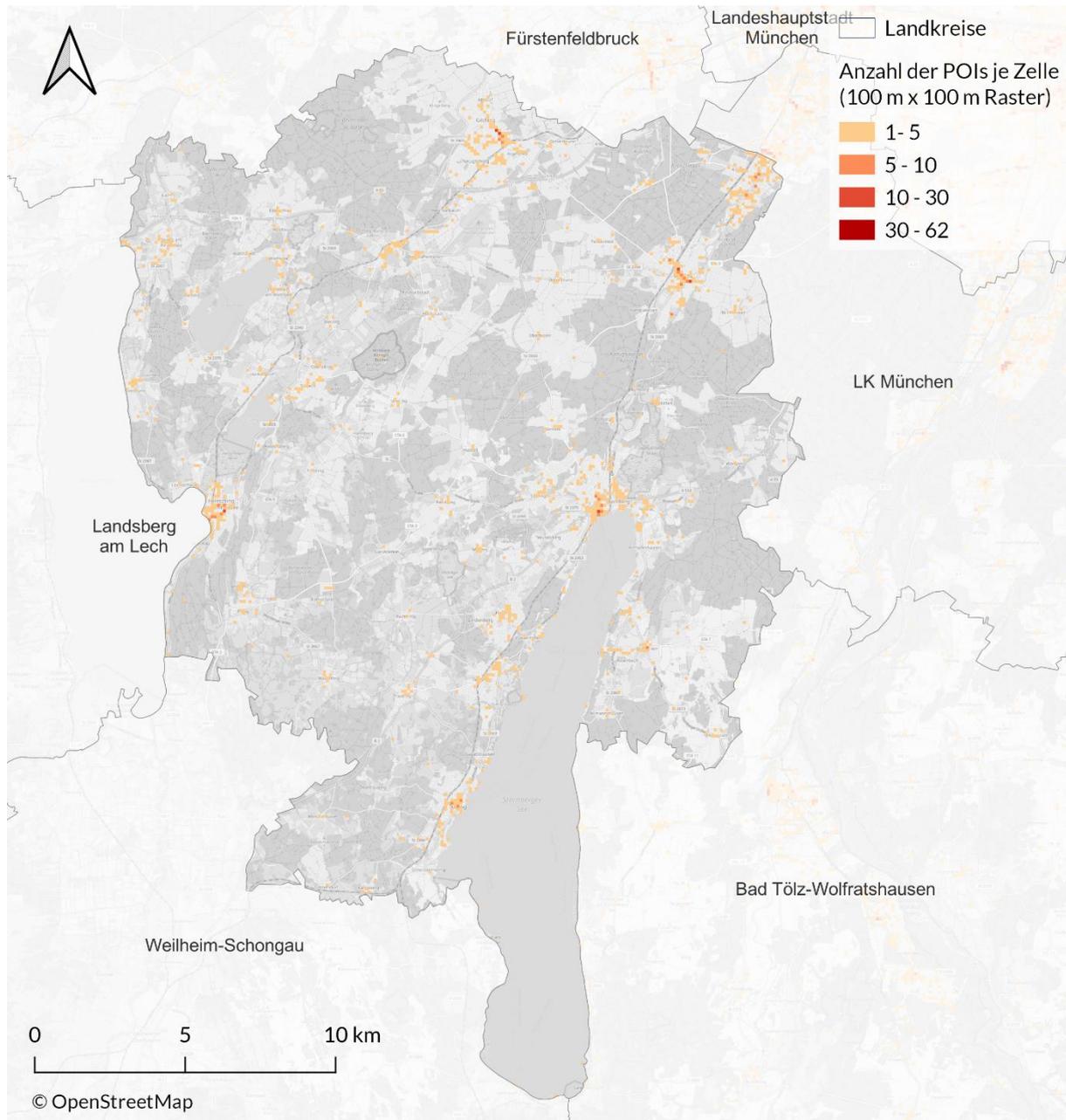


Abbildung 11: Verteilung der POIs im Landkreis Starnberg, Datenquelle: OpenStreetMap

6.3 ÖPNV-Infrastruktur kartographisch

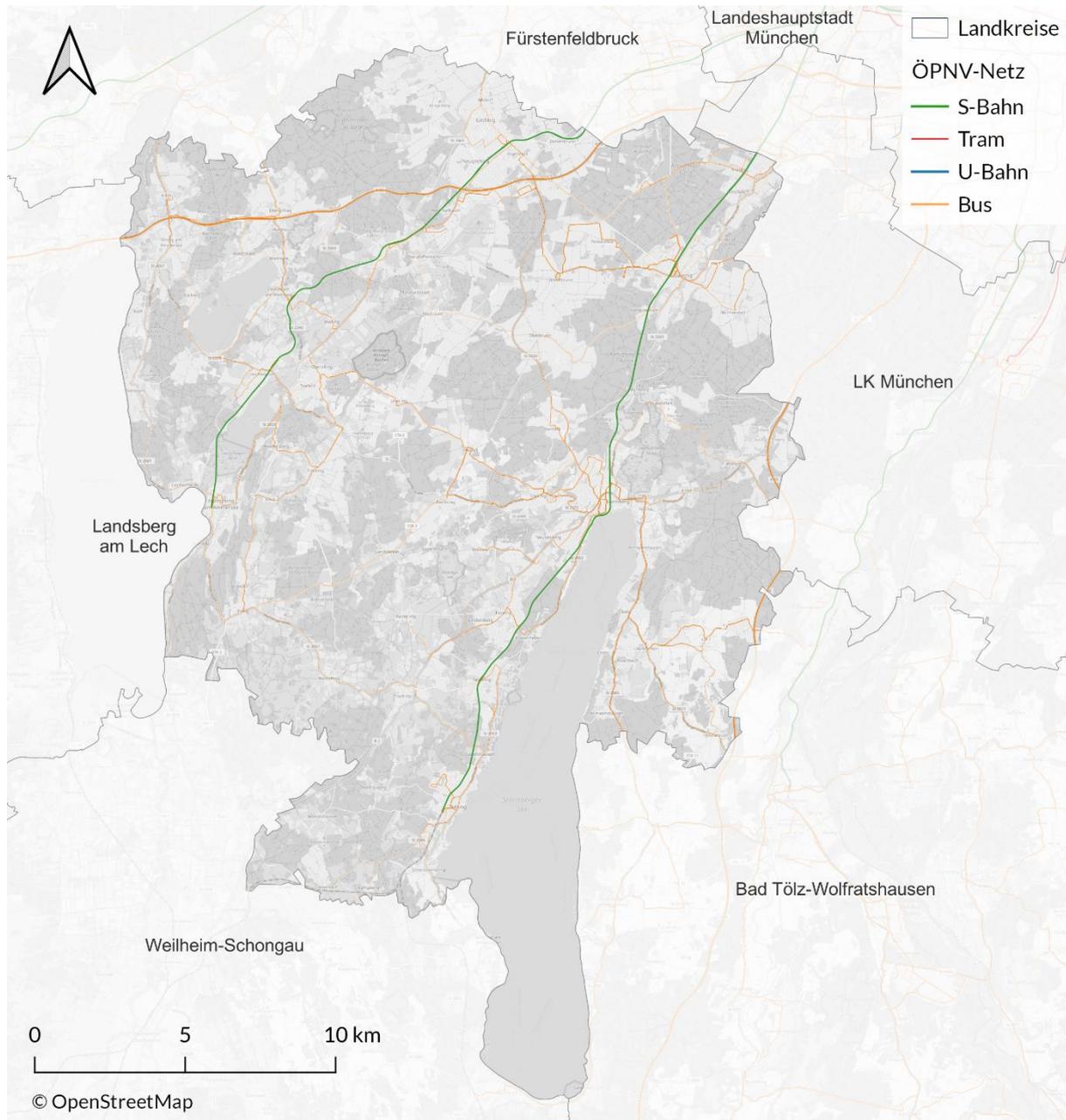


Abbildung 12: ÖPNV-Netz im Landkreis Starnberg, Datenquelle: OpenStreetMap

6.4 Fahrradinfrastruktur kartographisch

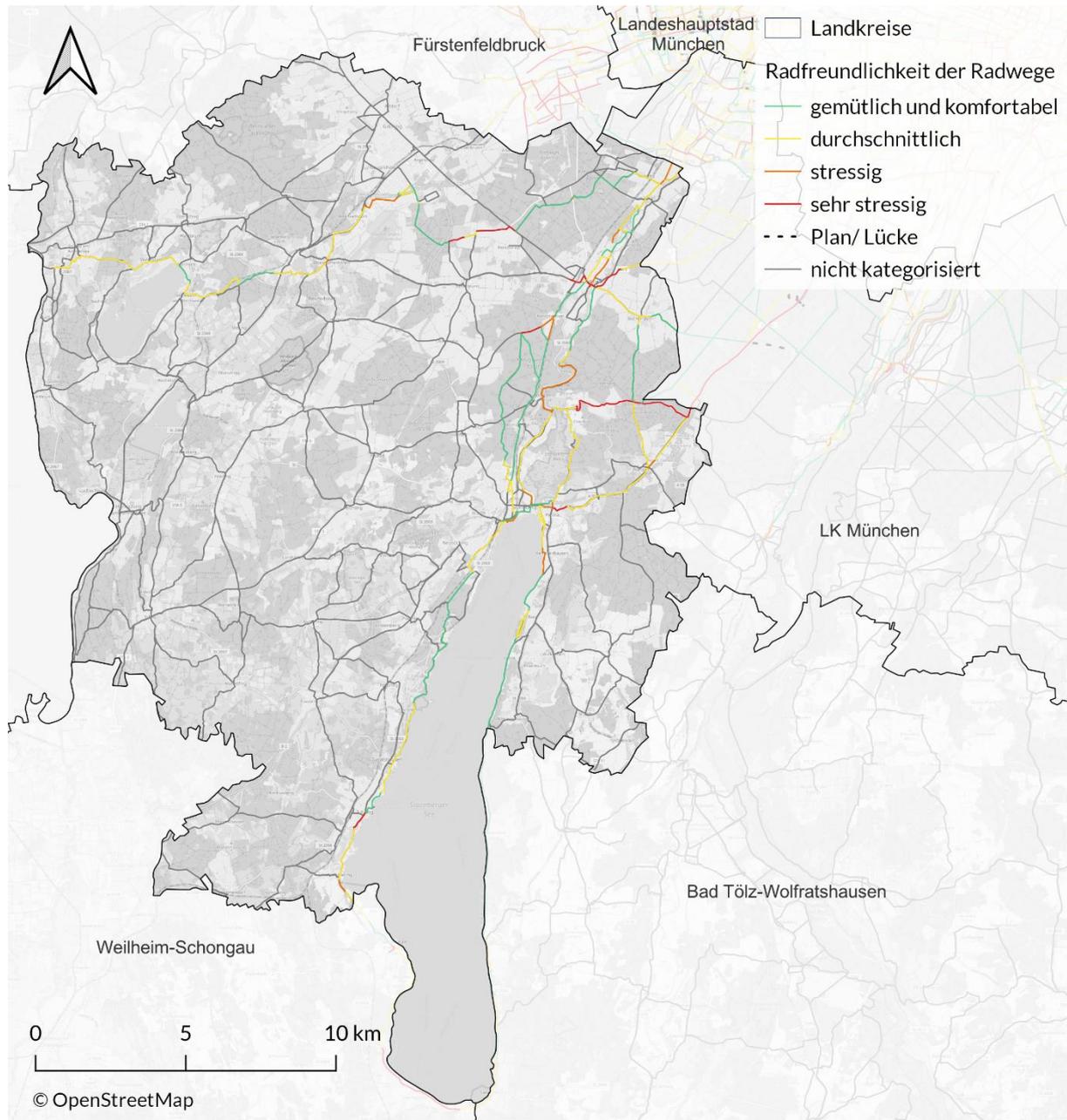


Abbildung 13: Fahrradinfrastruktur im Landkreis Starnberg

6.5 Methode Potenzialscore

Für die Ermittlung des Potenzialscores sind wir in 6 Schritten vorgegangen, die in Abbildung 14 dargestellt sind. Im Folgenden gehen wir detailliert auf die Berechnung des Potenzialscores ein.



Abbildung 14: Schritte zur Berechnung des Potenzialscores

Schritt 1: Recherche (Teil-)Faktoren

Um die relevanten Faktoren für die Verortung von Mikromobilität zu identifizieren, haben wir eine Literaturrecherche durchgeführt und stützen uns auf die Erkenntnisse aus unseren Best-Practice Interviews (s. Zwischenbericht AP 1). Die Recherche zeigt, dass folgende sechs Faktoren oft mit der Nutzung von Mikromobilität (v. a. Bikesharing und E-Tretrollersharing) assoziiert werden:¹¹

- Beschäftigungsdichte
- Bevölkerungsdichte
- Fuß- und Radinfrastruktur
- ÖPNV-Angebot
- Point of Interest (POIs)
- Soziodemographie

Für Motorrollersharing und Lastenradsharing variieren die Faktoren. Daher haben wir hier jeweils einen eigenen Potenzialscore entwickelt. Beide Modi variieren vom klassischen Bike- und E-Tretrollersharing in den Wegezwecken. Daher haben wir unterschiedliche Kategorien von POIs herangezogen (s. Tabelle 3 im Anhang). Besonders deutlich wird dies beim Lastenradsharing. Hauptsächlich werden mit dem Lastenrad

¹¹ Geipel, M. (2022): Factors of the built and social environments associated with the allocation of mobility hubs: A systematic literature review

Güter wie Wasser, Lebensmittel und Möbel transportiert. Auch Kinder werden häufig damit befördert.¹²

Für die Fahrt mit einem Motorroller wird ein Führerschein benötigt und dadurch die Nutzergruppe eingeschränkt. Der Anteil von Nutzer*innen mit Führerschein ist entsprechend höher als der beim Bike- und E-Tretroller Sharing. Darüber hinaus nutzen mehr als 50 % der Motorroller-Nutzer*innen das Angebot in Gebieten mit Parkeinschränkungen. Motorroller kombinieren die Vorteile eines Autos (schnelles Vorankommen) mit denen eines Kleinfahrzeugs (kleine Abstellfläche). Aus diesem Grund haben wir für Motorrollersharing zusätzlich Besitz von Führerschein und Parkplatzmangel als Faktoren betrachtet. Die relevanten Faktoren für jeden Sharing-Modus haben wir in Abbildung 15 zusammengefasst.

Bike- & E-Tretroller-sharing	Lastenradsharing	E-Motorrollersharing
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschäftigungsdichte ▪ Einwohnerdichte ▪ Fuß- und Radinfrastruktur ▪ ÖPNV-Angebot ▪ Point of Interest (v.a. Arbeit, Bildung, Freizeit, Tourismus, ÖPNV-Haltestellen)* ▪ Soziodemographie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einwohnerdichte ▪ POIs (v.a. Einkauf, Transport)* ▪ Fuß- und Radinfrastruktur ▪ Soziodemographie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschäftigungsdichte ▪ Einwohnerdichte ▪ Fuß- und Radinfrastruktur ▪ ÖPNV-Angebot ▪ Point of Interest (v.a. Arbeit, Freizeit, Bildung, Einkauf)* ▪ Soziodemographie ▪ Straßen mit Parkplatzmangel ▪ Besitz von Führerschein

*Siehe Streckbriefe im Zwischenbericht 2.1

Abbildung 15: Relevante Faktoren für die Nutzung von jeden Sharing-Modi

Schritt 2: Datensammlung

Im zweiten Schritt haben wir Datensätze gesammelt, die diese Faktoren am besten abbilden. Anhand der verfügbaren Daten haben wir die Faktoren in weitere Teilfaktoren unterteilt. Den Faktor Soziodemographie haben wir beispielsweise über Alter, Einkommen, Auto-Besitz, Führerschein-Besitz und Sinus-Milieus abgedeckt. Die geographische Ebene, auf der die Daten gesammelt werden, variiert zwischen den Faktoren. Während beispielsweise das Durchschnittsalter auf Stadtbezirksebene verfügbar ist, sind die Sinus-Milieus auf Ebene von Straßenabschnitten verfügbar. Die Faktoren, ihre

¹²Becker, S., & Rudolf, C. (2018): Exploring the potential of free cargo-bikesharing for sustainable mobility. *Gaia-ecological perspectives for science and society*,

Teilfaktoren, die entsprechenden Datenquellen und geographische Ebene sind im Kapitel 6 im Anhang zusammengefasst. Die Datenquellen für manche der Faktoren unterscheiden sich hinsichtlich der Verfügbarkeit zwischen der Landeshauptstadt München und den Landkreisen.

Schritt 3: Gewichtung

Die (Teil-)Faktoren fallen unterschiedlich ins Gewicht – sie sind nicht gleichbedeutend für die Verortung von Potenzial geteilter Mikromobilität. Daher haben wir eine Methode entwickelt, um die einzelnen Gewichte anhand der Literaturrecherche und einer Korrelationsanalyse von bestehenden Nutzungsdaten abzuleiten. Wir sind in fünf Schritten vorgegangen:

1. **Korrelationsanalyse:** Wir haben die Korrelation zwischen Nutzungsdaten von drei unterschiedlichen Anbietern geteilter E-Tretroller in München und den Daten für die jeweiligen (Teil-)Faktoren berechnet.¹³ Beispielweise die Korrelation zwischen der POI-Dichte und der aktuellen Nutzung von geteilten E-Tretrollern. In diesem Fall liegt der Korrelationskoeffizient bei $r = 0.52$ (s. Abbildung 16). Entsprechend gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Dichte von POIs und der Nutzung von E-Tretrollern.

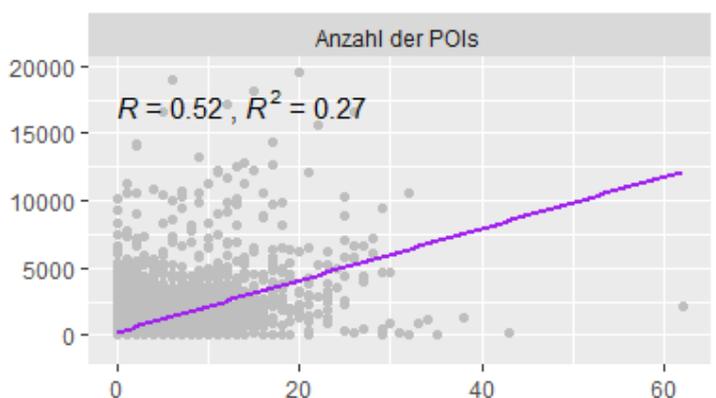


Abbildung 16: Korrelation von der POIs mit der Nutzung von E-Tretroller

2. **Auswertung der Ergebnisse der Literaturrecherche:** Die Korrelationsanalyse allein ist laut unserer Einschätzung nicht aussagekräftig genug, daher haben wir eine gemischte Methode („Mixed Method Approach“) gewählt. Zum einen, weil eine

¹³ Wir haben die Korrelationen zwischen Bike- und E-Tretrollersharing verglichen und konnten nur minimale Unterschiede feststellen.

(fehlende) Korrelation keinen Kausalzusammenhang bedeuten muss und andererseits, weil die Korrelationen nicht auf Zellenebene, sondern erst auf einer höheren Aggregationsebene sichtbar werden. Zudem können die zugrundeliegenden Daten verzerrt sein. Daher haben wir wissenschaftliche Literatur als zusätzliche Validation berücksichtigt. Wir berufen uns dabei auf eine Metastudie¹⁴ aus dem Jahr 2022. Für 19 Studien wurden dort die Faktoren ausgezählt, die mit der Nutzung geteilter Mikromobilität assoziiert werden. Beispielsweise schätzen 12 von 19 untersuchten Studien POIs als relevanten Faktor ein, was einen Anteil von 63 % entspricht.

- Skalierung der Gewichte auf Werte zwischen 1 und 3:** Die Ergebnisse aus der Korrelations- und Literaturanalyse haben wir in drei Kategorien unterteilt und jeweils mit einem Wert von 1 (geringe Relevanz), 2 (mittlere Relevanz) oder 3 (hohe Relevanz) versehen. Der Faktor POIs hat z. B. sowohl in Bezug auf die Korrelation ($r = 0.52 > 0.4$) als auch auf die Literatur (63 % > 50 %) einen Wert von 3 erreicht.

Ergebnis Korrelation	Ergebnis Literatur	Wert
$r = < 0.2$	< 30 %	1
$r = 0.2 - 0.4$	30 - 50 %	2
$r = > 0.4$	> 50 %	3

- Berechnung eines Durchschnittsgewichts:** Anschließend haben wir das Durchschnittsgewicht der beiden Werte berechnet. Im Fall der POIs liegt der Durchschnittswert z. B. bei 3 (Wert 3 für Ergebnis Korrelation und Wert 3 Ergebnis Literatur = durchschnittlicher Wert von 3). Eine reine Regressionsanalyse hätte Faktoren wie Arbeitgeber kaum gewichtet, die Literatur erkennt aber einen wichtigen Zusammenhang, den wir auch qualitativ nachvollziehen können.
- Berechnung des endgültigen Gewichts:** Das endgültige Gewicht berechnet sich aus $10 / \text{Summe der Durchschnittsgewichte}$. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Aufgrund unterschiedlicher Datenverfügbarkeiten unterscheiden sich die Faktoren für die Landeshauptstadt München (LHM) und die Landkreise teilweise. Zum Beispiel sind Daten zur Radfreundlichkeit ausschließlich für die LHM

¹⁴ Geipel, M. (2022): Factors of the built and social environments associated with the allocation of mobility hubs: A systematic literature review

verfügbar, ebenso wie die Sinus-Daten. Diese Unterschiede betreffen jedoch lediglich Teilfaktoren. Alle Hauptfaktoren und ihre jeweiligen Gewichte sind für die LHM und die Landkreise gleich, um einheitliche Ergebnisse zu gewährleisten.

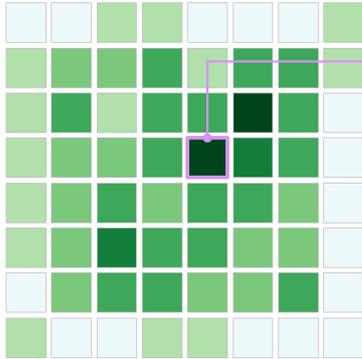
Faktor	Landeshauptstadt München			Landkreise		
	Teilfaktor	Teilfaktor Gewicht	Faktor Gewicht	Teilfaktor - Landkreise	Teilfaktor Gewicht	Faktor Gewicht
POIs	-	-	1.46	-	1.46	1.46
Einwohnerdichte	-	-	0.49	-	0.49	0.49
Fuß- und Radinfrastruktur	Radfreundlichkeit	0.98	2.20	Dichte der Fuß- und Radinfrastruktur	2.20	2.20
	Dichte der Fuß- und Radinfrastruktur	1.22				
ÖPNV-Angebot	Qualität ÖPNV	0.73	2.20	Qualität ÖPNV	0.73	2.20
	Erschließung Fahrrad intermodal	0.73		Erschließung Fahrrad intermodal	0.73	
	Zeitersparnis Fahrrad intermodal (min)	0.73		Zeitersparnis Fahrrad intermodal (min)	0.73	
Beschäftigungsdichte	Industrie- und Gewerbegebiete	0.73	1.46	Industrie- und Gewerbegebiete	0.73	1.46
	Arbeitsplätze	0.73		Arbeitsplätze	0.73	
Soziodemographie	Durchschnittsalter	0.49	2.20	Durchschnittsalter	0.73	2.20
	Auto-Besitz /1000 Einwohner	0.49		Auto-Besitz /1000 Einwohner	0.73	
	Bikesharing-affine Milieus	1.22		Einkommen	0.73	

Abbildung 17: Berücksichtigte (Teil-)Faktoren für die Berechnung des Potenzialscores

Schritt 4: Berechnung auf Rasterebene

Nach der Bestimmung der Gewichte haben wir für jede Zelle im MVV-Raster (100 x 100 Meter) die (Teil-)Faktoren berechnet. Einige Faktoren sind auf Ebene der Kommunen oder Stadtbezirksteile verfügbar. In diesem Fall werden alle Zellen in diesen Gebietskörperschaften demselben Wert zugewiesen. Abbildung 18 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung für eine Beispielzelle. Eine Erläuterung für jeden der verwendeten Faktoren ist im Dashboard unter „Information“ verfügbar.

Beispielhafte Darstellung



Potenzialscore	6.02
Teilfaktoren	Ergebnisse
POIs	10
Einwohnerzahl	409
Radfreundlichkeit	1.3 (niedriges Stress-Niveau)
Dichte Fuß- und Radverkehr	835 m
ÖPNV-Qualität	2
Erschließung Fahrrad intermodal	Gut erreichbar zu Fuß
Zeitersparnis Multimodal	12 Minuten
Industrie- und Gewerbegebiete	3,694 m ²
Großer Arbeitgeber	0
Durchschnittalter	41
Auto-Besitz	310 pro 1000 Einwohner
Anteil der Bikesharing-affine Einwohner (Sinus-Milieus)	59%

Abbildung 18: Ergebnisse der Inputfaktoren für eine Beispielzelle

Schritt 5: Validierung der Ergebnisse

Die Ergebnisse haben wir wieder mit der aktuellen Nutzung von E-Tretrollersharing und MVG Rad in der LHM abgeglichen. Der Korrelationskoeffizient beträgt $R = 0.4$. Eine Schwäche des aktuellen Scores ist die Ungenauigkeit in Bezug auf neuere Siedlungsentwicklungen. Für die Anzahl der Einwohner*innen berufen wir uns auf den Zensus 2011, entsprechende Lücken kann es in Neubaugebieten geben. Leider standen uns weder aktuellere Einwohnerzahlen auf Rasterebene zur Verfügung, noch gab es geeignete Datensätze für die Siedlungsentwicklung der letzten Jahre. Es sollte in der Feinplanung ein Augenmerk auf größere Neubauprojekte gerichtet werden, da hier der Potenzialscore teilweise zu gering ausfallen kann. Der Potenzialscore wird in einem Geodatenatz berechnet und zur Verfügung gestellt. Es ist möglich, den Score anhand neuerer Daten wie dem Zensus 2022, der voraussichtlich Anfang 2024 veröffentlicht wird, anzupassen.

Schritt 6: Einschätzung der Ausleihen

Die Übersetzung des Potenzials in tatsächliche, zu erwartende Ausleihen pro Fahrzeug ist ein wichtiger Folgeschritt. Daraus lässt sich beispielsweise die Kostendeckung berechnen oder die Entscheidung für die Anzahl an Fahrzeugen und Stationen ableiten.

Wir haben zuerst berechnet, wie viele Ausleihen je Zelle stattgefunden haben und dies mit dem Potenzialscore verschnitten. Es handelt sich um die Daten dreier Anbieter von

E-Tretrollern aus 2022 mit jeweils einem Free-Floating-Bediengebiet. Für Bikesharing wurden analog die Ausleihvorgänge von MVG Rad im Free-Floating-Gebiet verwendet.

Die Verteilung für E-Tretroller kann der folgenden Abbildung 19 entnommen werden. Für Bikesharing haben wir analog eine Kurve erstellt, die beinahe identisch aussieht. Je höher der Potenzialscore, desto mehr Ausleihvorgänge gab es. Die Zunahme ist nicht linear, sondern beinahe exponentiell. Mit steigendem Potenzial nimmt die Anzahl von Ausleihen also deutlich zu. Ab einem Potenzialscore von 3 bis 4 ist der Anstieg besonders stark.

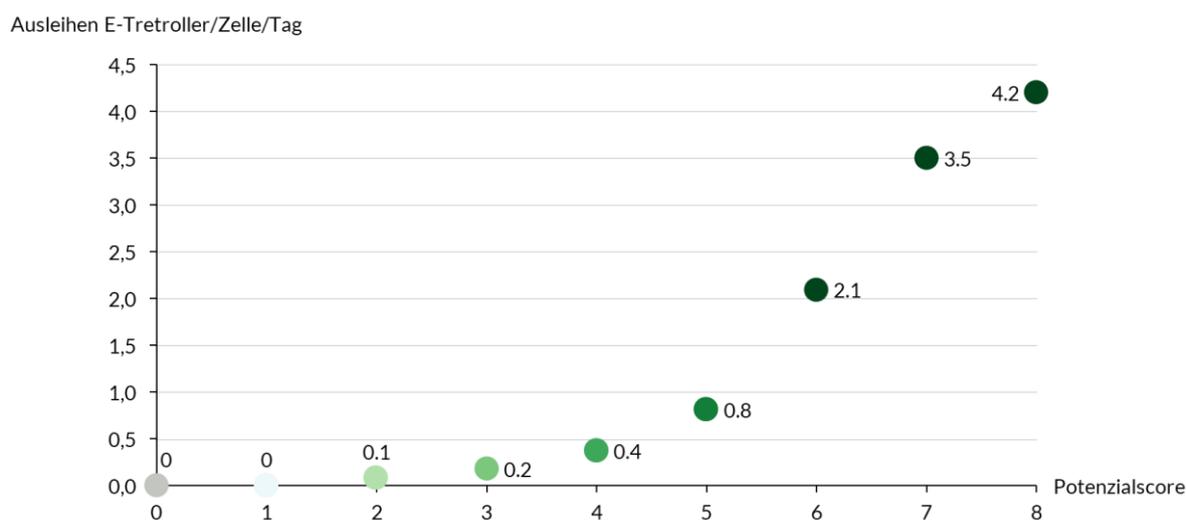


Abbildung 19: Durchschnittliche Ausleihen von E-Tretrollern pro Zelle / Tag in einem Free-Floating Gebiet in und um die LHM im Jahr 2022 pro Potenzialscore

Die Anzahl der zu erwartenden Ausleihen / Zelle sind jedoch nur bedingt aussagekräftig. Man stelle sich beispielsweise eine sehr ländliche Region mit ein paar wenigen verdichteten Ortskernen vor. In diesen Ortskernen kann in einzelnen Zellen auch ein Score von 4, 5 oder 6 erreicht werden. Der Potenzialscore ist ähnlich zu vielen Zellen in der LHM. Dennoch können in der ländlichen Region keine vergleichbaren Ausleihzahlen erwartet werden. Knackpunkt ist das größere Einzugsgebiet bzw. eine gewisse Dichte an Zellen mit höherem Potenzial, um dieses auch realisieren zu können. Außerdem ist die absolute Anzahl an Ausleihen nicht aussagekräftig genug. Die Ausleihen / Fahrzeug sind deutlich besser geeignet, um Ableitungen zur Wirtschaftlichkeit zu treffen. Aus diesen Gründen haben wir uns als Betrachtungsebene für die Kommunen und Stadtbezirksteile entschieden. Der Durchschnittswert des Potenzialscores über alle Zellen innerhalb der Grenzen ist aussagekräftiger. Die Durchschnittswerte sind in Abbildung 20 dargestellt.

Potenzialscore	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7+
Durchschnittliche Ausleihen E-Tretroller pro Zelle / Tag	0,0	0,1	0,2	0,4	0,8	2,1	3,5	4,2
Prozentuale Verteilung bemessen am Durchschnittscore 3,3 für LHM	1 %	24 %	50 %	100 %	215 %	Scores > 5 fallen aus der Betrachtung, da auf Gemeinde / Stadtbezirksteil-Ebene durchschnittlich nicht oder nur selten erreicht		
Ableitung von Ausleihen pro E-Tretroller / Tag	0,0	0,4	0,8	1,5	3,2			

Abbildung 20: Ableitung von Ausleihen pro Fahrzeug / Tag anhand der Verteilung durchschnittlicher Ausleihen in Zellen je Potenzialscore

Das beinahe exponentielle Wachstum der Ausleihen pro Tag aus Abbildung 19 haben wir in Prozente übertragen. Ankerpunkt, die 100 %, ist dabei der Potenzialscore von 2 bis 3. Diesen Wert erreicht die LHM im Durchschnitt. Wird in einer Kommune oder in einem Stadtbezirksteil ein höherer Score erreicht, beispielsweise 3 bis 4, steigt oder sinkt das Potenzial entsprechend – analog zum Anstieg des Potenzials in Zellen.

Legt man nun einen Wert anstelle der 100 % fest, können die Werte für die anderen Potenzialscores entlang der Funktion abgeleitet werden. Für E-Tretroller haben wir den Durchschnitt eines Anbieters (anonym) aus 2022 angenommen, er beträgt 1,5 Ausleihen pro E-Tretroller / Tag. Der Durchschnitt in München lag 2019 noch bei rund 3 Ausleihen pro E-Tretroller / Tag¹⁵, diesen Wert haben wir als obere Benchmark angenommen. Für Bikesharing gehen wir von mindestens 0,5 Ausleihen pro Fahrrad / Tag aus, das entspricht dem aktuellen Durchschnitt von MVG Rad. Nach oben hin haben wir das Stadtrad in Hamburg als Best-Practice gewählt mit rund 2,3 Ausleihen pro Fahrrad / Tag.

Tabelle 2: Schätzung der Ausleihen pro Fahrzeug/Tag nach Potenzialscore

Durchschnittlicher Potenzialscore je	Geschätzte durchschnittliche	Geschätzte durchschnittliche

¹⁵ civity (2019): E-Scooter in Deutschland, <https://scooters.civity.de/>

Kommune und Stadtbezirksteil	Ausleihen pro E-Tretroller / Tag		Ausleihen pro Fahrrad / Tag	
	Min	Max	Min	Max
0 – 1	0,0	0,0	0,0	0,2
1 – 2	0,4	0,7	0,3	1,4
2 – 3	0,8	1,5	0,4	1,7
3 – 4 ¹⁶	1,5 ¹⁷	3,0 ¹⁸	0,5 ¹⁹	2,3 ²⁰
4 – 5	3,2	6,5	1,0	4,8
5 – 6	> 3,2	> 6,5	> 1,0	> 4,8

Aufgrund fehlender Datenquellen konnten wir keine präzise Schätzung für E-Motorroller und E-Lastenräder abgeben.

¹⁶ Durchschnittlicher Potenzialscore der LHM (3,3)

¹⁷ Benchmark eines E-Tretrolleranbieters LHM 2022, Free-Floating

¹⁸ Benchmark mehrerer E-Tretrolleranbieter LHM 2019, Free-Floating nach civity (2019)

¹⁹ Benchmark MVG Rad 2019

²⁰ Benchmark StadtRAD Hamburg 2021

6.6 Input für den Potenzialscore

Berücksichtigte (Teil)Faktoren und Quellen:

Faktor	Teilfaktor	Quellen der Inputdaten
Points of Interest (POI)	-	OpenStreetMap
Einwohner*innenzahl	-	Zensus 2011
Fuß- und Radinfrastruktur	Radfreundlichkeit	LHM: MunichWays
	Dichte der Fuß- und Radinfrastruktur	OpenStreetMap, Daten von den Landkreisen
ÖPNV-Angebot	ÖPNV-Qualität	GTFS
	Erschließung Fahrrad intermodal	GTFS
	Zeitersparnis Fahrrad intermodal	GTFS
Beschäftigung	Industrie- und Gewerbegebiete	OpenStreetMap
	Arbeitgeber	Listenchampion
Soziodemographie	Sinus-Milieus	LHM: SINUS-Institut
	Alter	LHM: Indikatorenatlas Landkreise: Regionalatlas
	Einkommen	Landkreise: Regionalatlas
	Auto-Besitz	LHM: Indikatorenatlas Landkreise: Regionalatlas
	Führerschein-Besitz	MiD München
Parkplätze	-	GeoPortal München

Berücksichtigte Points of Interest:

Tabelle 3: Liste der berücksichtigten POIs

Kategorie	Relevante Einrichtungen für Bike-, E-Tretroller & Motorollersharing	Relevante Einrichtungen für Lastenradsharing
 Ausbildung	Universität, Bibliothek, Schule, Gymnasium, Sprachschule	Schule, Kindergarten
 Freizeiteinrichtungen	Galerie, Kino, Theater, Zoo, Park, Sporteinrichtungen, Stadium, Schwimmbad	Park, Spielplatz
 Einkaufsmöglichkeiten	Markt, Supermarkt, Einkaufszentrum, Bäckerei	Einkaufszentrum, Baumarkt, Möbelhaus, Supermarkt, Einkaufszentrum, Getränkemarkt, Elektrohandel
 Gastronomische Einrichtungen	Bar, Biergarten, Café, Eisdielen, Pub, Fast Food Laden	-
 Touristische Einrichtungen	Hotel, Herberge, Gästehaus, Museen, Galerien	-
 Gesundheitseinrichtungen	Krankenhaus, Arzt, Apotheke, Tierarzt	Krankenhaus, Arzt, Apotheke, Tierarzt
 Dienstleistungen	Postfiliale, Polizeistation	Postfiliale, Paketshop
 Behörden	Bürgerbüro	-

6.7 Methode Angebotsqualität ÖPNV

Für die Analyse der allgemeinen ÖPNV-Qualität (s. Abbildung 7) haben wir alle ÖPNV-Haltestellen berücksichtigt. Dazu zählen Haltestellen von (Regional)Bus, Tram, S-Bahn, U-Bahn und Regionalbahn. Die Qualität des ÖPNV wird für jede der 100 x 100 Meter Zellen anhand der folgenden Kriterien bewertet: **Anzahl der Abfahrten** pro Stunde, **Betriebszeiten** (z. B. von 6 Uhr bis 22 Uhr = 16 Stunden), **Erreichbarkeit** (Entfernung vom Zellenmittelpunkt zum Haltestellenstandort) und **Anzahl der verfügbaren Angebote** in jeder Zelle (z. B. bedeuten zwei Buslinien und eine S-Bahn Linie, dass drei Angebote verfügbar sind).

Als Datengrundlage nutzen wir den GTFS-Feed vom Dienstag, den 29.11.2022. Dort gab es minimale Einschränkungen durch Baustellen. Ein späterer Zeitpunkt nach Fahrplanwechsel wurde abgewogen, aber aufgrund anderer Einschränkungen verworfen. Zur Berechnung des Wertes für ÖPNV-Qualität gehen wir in vier Schritten vor:

1. Wir berechnen die Service-Qualität jeder berücksichtigten Haltestelle anhand der Anzahl der Abfahrten und Betriebszeiten.
2. Wir ermitteln für jede Haltestelle das Einzugsgebiet und überschneiden die Ergebnisse mit den MVV-Rasterzellen (100 x 100 Meter). Die Auswahl der Haltestelleinzugsbereiche orientiert sich an der räumlichen Erschließung gemäß FGSV-Empfehlung.²¹
3. Für jede Rasterzelle ermitteln wir die Anzahl der ÖPNV-Angebote, die innerhalb der jeweiligen Einzugsgebiete erreichbar sind.
4. Anschließend bewerten wir das ÖPNV-Angebot für jede Rasterzelle anhand der folgenden Tabelle:

Tabelle 4: Ableitung der ÖPNV-Qualität anhand der vier Kriterien und erreichter Werte

Wert	1: sehr gut	2: gut	3: mäßig	4: schwach
Abfahrten/Stunde	>= 3	3-2	2-1	< 1
Betriebszeiten (h)	>= 14	14-12	12-8	< 8
Entfernung (m)	<= 300	300-400	400-600	> 600
Anzahl der Angebote	>= 4	4-3	3-2	< 2

²¹ FGSV (Hrsg.) (2010) Empfehlungen für Planung und Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs

5. Abschließend wird die Gesamtqualität für jedes Angebot in jeder Zelle durch die folgende Formel berechnet, wobei die vier Merkmale der ÖPNV-Qualität gleichgewichtet sind. Der niedrigste berechnete Wert wird als bestes Gesamtangebot ausgewählt und als endgültiger Wert festgelegt.

$$\text{ÖPNV-Qualität} = \frac{\text{Wert}\left(\frac{\text{Abfahrten}}{\text{Stunde}}\right) + \text{Wert}(\text{Betriebszeiten}) + \text{Wert}(\text{Entfernung}) + \text{Wert}(\text{Anzahl der Angebote})}{4}$$

Dieser Schritt kann durch das folgende Beispiel erläutert werden. Die Tabelle zeigt die vorhandenen Angebote sowie ihre Bewertung in einer bestimmten Zelle. Da S3 das beste Angebot in dieser Zelle darstellt, wird ihr ein Wert von 2,25 zugewiesen.

Angebot	Abfahrten/ Stunden	Betriebs- zeiten (h)	Entfernung (m)	Anzahl der Angebote	ÖPNV- Qualität
Bus 223	1 (3: mäßig)	14 (1: sehr gut)	251 (1: sehr gut)	3 (2: gut)	2.5
Bus 124	0.18 (4: schwach)	11.6 (3: mäßig)	281 (1: sehr gut)	3 (2: gut)	3.25
S3	5.93 (1: sehr gut)	15.7 (1: sehr gut)	356.57 (2: gut)	3 (2: gut)	2.25

6.8 Methode Erschließung Fahrrad intermodal

Die Analyse (s. Abbildung 8 **Error! Reference source not found.**) soll zeigen, wo das Hinzuziehen eines Fahrrads für eine intermodale Wegeketten mit dem ÖPNV besonders Sinn macht. In der LHM haben wir U-, S- und Regionalbahnhöfe berücksichtigt. Bushaltestellen haben wir nicht einbezogen, weil aufgrund der Angebotsdichte in der LHM ein Umstieg in ein schienengebundenen Verkehrsmittel näher liegt. In den Landkreisen haben wir neben S- und Regionalbahnhöfen auch Regionalbushaltestellen berücksichtigt. Aufgrund der teils langen Entfernungen zu einem schienengebundenen Verkehrsmittel macht hier auch die Verknüpfung zu den Regionalbussen Sinn.

Mit der Analyse haben wir all jene Rasterzellen identifiziert, von denen aus eine Haltestelle gut mit dem Fahrrad (innerhalb von 10 Minuten), aber nicht zu Fuß erreichbar ist (über 10 Minuten Fußweg).

Dazu haben wir von jeder der ausgewählten Haltestellen aus eine Analyse mit der Routing Software *R5R (R5)*²² durchgeführt. Wir stellen so fest, zu wie vielen Zellen eine Person innerhalb von 10 Minuten zu Fuß gehen kann und zu wie vielen Zellen sie in 10 Minuten mit dem Fahrrad fahren kann. Die sich überschneidenden Zellen werden dann entfernt. So bleiben die Zellen übrig, die nur mit dem Fahrrad erreichbar sind. Die verbleibenden Zellen geben Aufschluss über Standorte, die sich aufgrund dieser Nähe zum Verknüpfungspunkt ideal für Stationen geteilter Mikromobilität eignen würden. Diese Analyse wird für alle Haltestellen wiederholt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt und fließen in den Potenzialscore ein.

²² R5R (R5) ist ein Open-Source-Routing-Tool, das von Conveyal entwickelt wurde. Das Tool ermöglicht ein schnelles und realistisches Routing in multimodalen Verkehrsnetzen (zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit öffentlichen Verkehrsmitteln und mit dem Auto). Es verwendet eine Kombination aus OSM-Daten für das Straßen-/Routennetz und GTFS-Feeds für die Berechnung von Routen für öffentliche Verkehrsmittel.

6.9 Methode Reisezeitanalyse

Die Reisezeit hat einen großen Einfluss auf die Attraktivität von Verkehrsmitteln. In deutschen Großstädten ist man mit dem Auto rund doppelt so schnell unterwegs wie mit öffentlichen Verkehrsmitteln.²³ Mit intermodalen Wegeketten kommt man mitunter deutlich schneller ans Ziel. Um diesen Effekt zu analysieren, haben wir die Reisezeit von jedem Mittelpunkt einer Kommune oder eines Stadtbezirkteils in der LHM zu allen anderen Kommunen oder Stadtbezirksteilen mit Hilfe der Routing-Software R5R (R5) berechnet (s. Abbildung 9). Wie im Kapitel 3 erwähnt ist, haben wir eine Reihe von Analysen durchgeführt, um Reisezeitergebnisse miteinander zu vergleichen. Folgende Analysen sind in unserem Dashboard für jede Kommune abrufbar:

Analyse	Bedeutung
Auto Reisezeit	Reisezeit in Minuten mit dem Auto.
ÖPNV Fuß Fuß Reisezeit (min)	Reisezeit in Minuten mit ÖPNV, erste und letzte Meile zu Fuß.
ÖPNV Fuß Rad Reisezeit (min)	Reisezeit in Minuten mit ÖPNV, erste Meile zu Fuß und letzte Meile mit dem Fahrrad.
ÖPNV Rad Fuß Reisezeit (min)	Reisezeit in Minuten mit ÖPNV, erste Meile mit dem Fahrrad und letzte Meile zu Fuß.
ÖPNV Rad Rad Reisezeit (min)	Reisezeit in Minuten mit ÖPNV, erste Meile und letzte Meile mit dem Fahrrad.
ÖPNV Fuß Fuß vs. Auto Verhältnis (-)	ÖPNV-Reisezeit geteilt durch die Pkw-Reisezeit. Der Wert gibt an, wie viel länger die Nutzung des ÖPNV im Vergleich zur Nutzung des Autos dauert. Bsp. $60/30 = 2$, die Nutzung des ÖPNV dauert doppelt so lange wie die Nutzung eines Autos.
ÖPNV Fuß Rad vs. Auto Verhältnis (-)	Der Wert gibt an, wie viel länger die Nutzung des ÖPNV mit letzter Meile mit dem Fahrrad im Vergleich zur Nutzung des Autos dauert.

²³ Mobility Institute Berlin (2021): Reisezeitindex, <https://mobilityinstitute.com/publikationen/reisezeitindex>

Analyse	Bedeutung
ÖPNV Rad Fuß vs. Auto Verhältnis (-)	Der Wert gibt an, wie viel länger die Nutzung des ÖPNV mit erster Meile mit dem Fahrrad im Vergleich zur Nutzung des Autos dauert.
ÖPNV Rad Rad vs. Auto Verhältnis (-)	Der Wert gibt an, wie viel länger die Nutzung des ÖPNV mit erster und letzter Meile mit dem Fahrrad im Vergleich zur Nutzung des Autos dauert.
ÖPNV vs. ÖPNV Fuß Rad Unterschied (min)	Reisezeitunterschied zwischen nur der Nutzung des ÖPNV und der Nutzung des ÖPNV mit letzter Meile mit dem Fahrrad.
ÖPNV vs. ÖPNV Rad Fuß Unterschied (min)	Reisezeitunterschied zwischen nur der Nutzung des ÖPNV und der Nutzung des ÖPNV mit erster Meile mit dem Fahrrad.
ÖPNV vs. ÖPNV Rad Rad Unterschied (min)	Fahrzeitunterschied in Minuten zwischen der Nutzung des ÖPNV und des ÖPNV mit erster und letzter Meile mit dem Fahrrad.

6.10 Regionalstatistischer Raumtyp im MVV-Raum

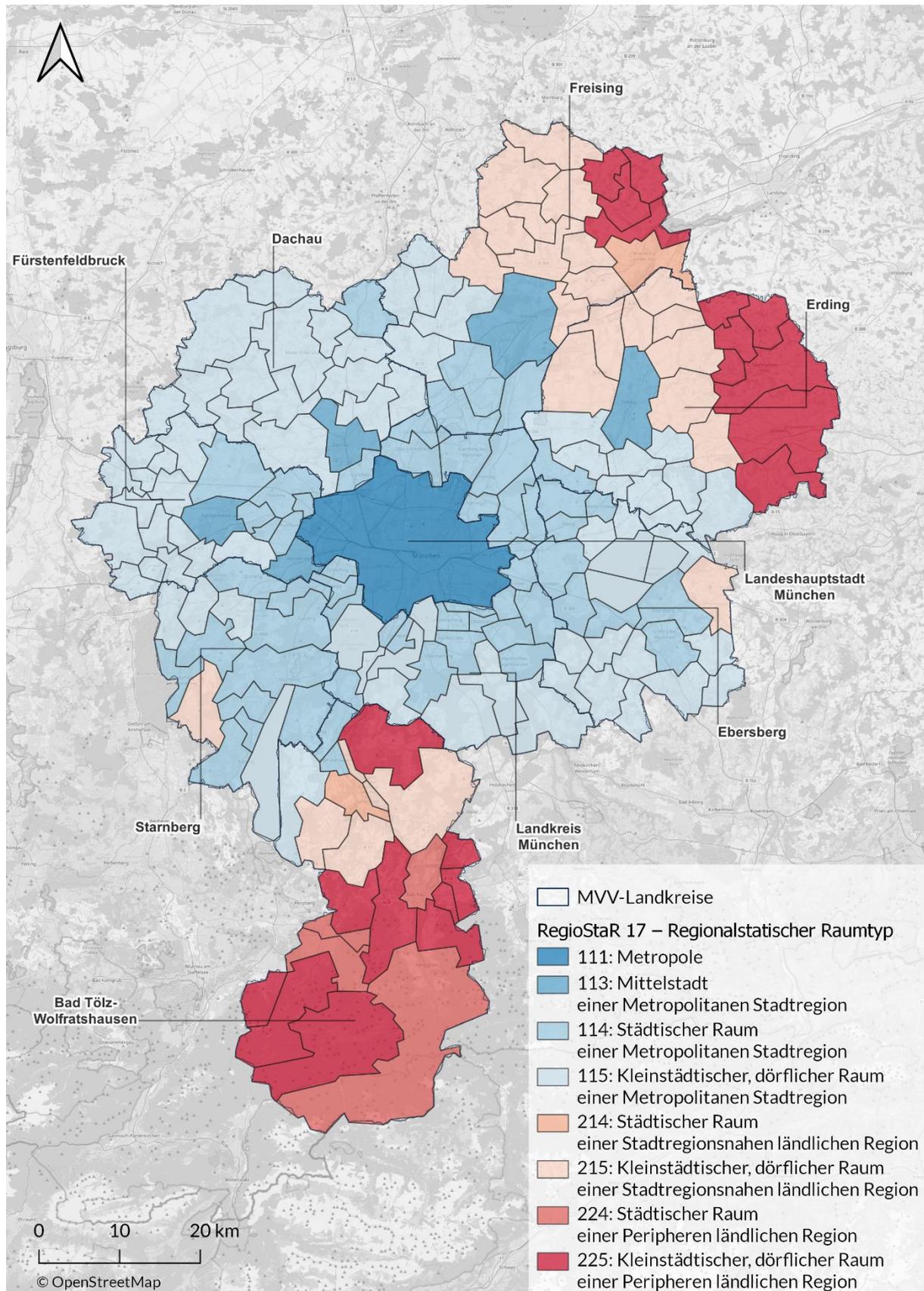


Abbildung 21: RegioStar Raumtypen im MVV-Gebiet (RegioStar 17)

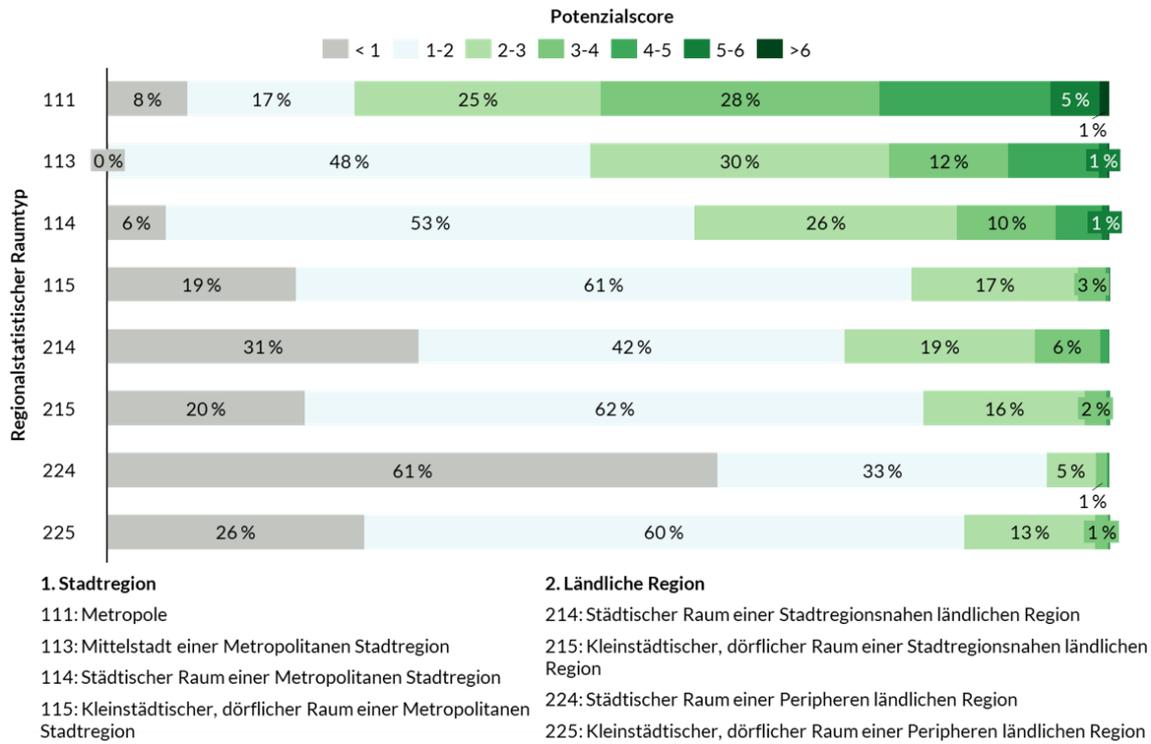


Abbildung 22: Potentialscore-Kategorien nach dem zusammengefassten regionalstatistischen Raumtyp (RegioStaR 17)

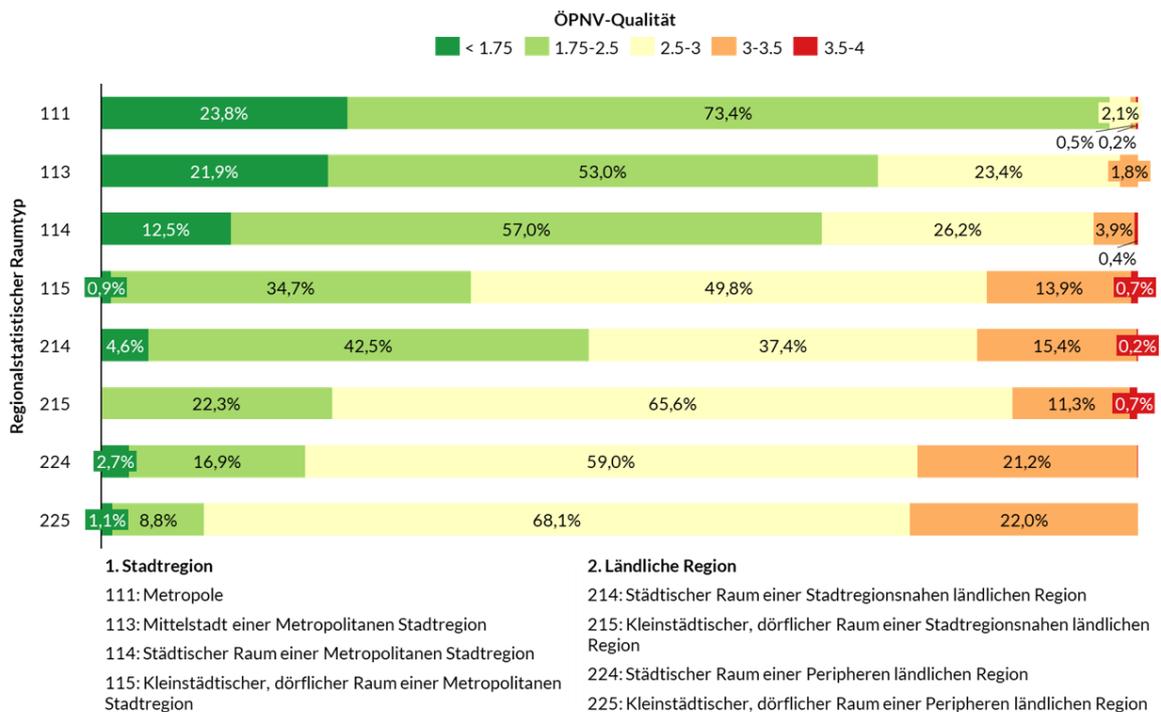


Abbildung 23: ÖPNV-Qualität nach dem zusammengefassten regionalstatistischen Raumtyp (RegioStaR 17)