

Kartografische Visualisierung der vertikalen Bevölkerungsdichte

Warum die vertikale Betrachtung wichtig ist.

In Stadtgebieten leben die meisten Menschen selten in Bungalows auf einer Etage. Oft sind es Mehrfamilien- oder Hochhäuser in denen die Bevölkerung lebt. Aufgrund von Platzmangel werden die Gebäude immer höher, um genügend Wohnraum zu schaffen, bei gleichzeitig geringer Grundfläche, welche versiegelt werden muss. Berlin als Untersuchungsgebiet bietet eine Vielzahl an unterschiedlichen Gebäudetypen, die es in der Bevölkerungsdichte zu erfassen gilt.

Die herkömmliche Betrachtungsweise der Bevölkerungsdichte in einer einfachen Choroplethenkarte charakterisiert zwar die Anzahl der Menschen in einem bestimmten Gebiet, kann aber die Siedlungsmuster einer Stadt nicht wiedergeben. Deshalb sind in den folgenden Abbildungen unterschiedliche Darstellungsweisen untersucht worden. In Abbildung 1 ist der Unterschied zwischen einer Choroplethe und einer dasymetrischen Choroplethe sichtbar. In Abbildung 2 und 3 wird versucht, die Geschosshöhen mit einzubeziehen.

Die (dasymetrische) Choroplethenkarte als Darstellungsmedium der Bevölkerungsdichte.

Häufig werden die Choroplethenkarten für Dichtedarstellungen verwendet, da sie eine räumliche Variation durch Farbparameter anzeigt. Die Bevölkerungsdichte wird als Verhältniszahl, meist in Einwohner pro km², angegeben. Durch die Verwendung von Verwaltungsgrenzen, in diesem Fall die lebensweltlich orientierten Räume (LOR) Berlins, wird von einer gleichbleibenden Variable über die gesamte Fläche ausgegangen. Dem ist in der Realität meist nicht so, da eine Stadt meist noch andere Nutzungsbereiche wie Industrie, Wald oder Wasser besitzt, in denen keine Menschen leben können.

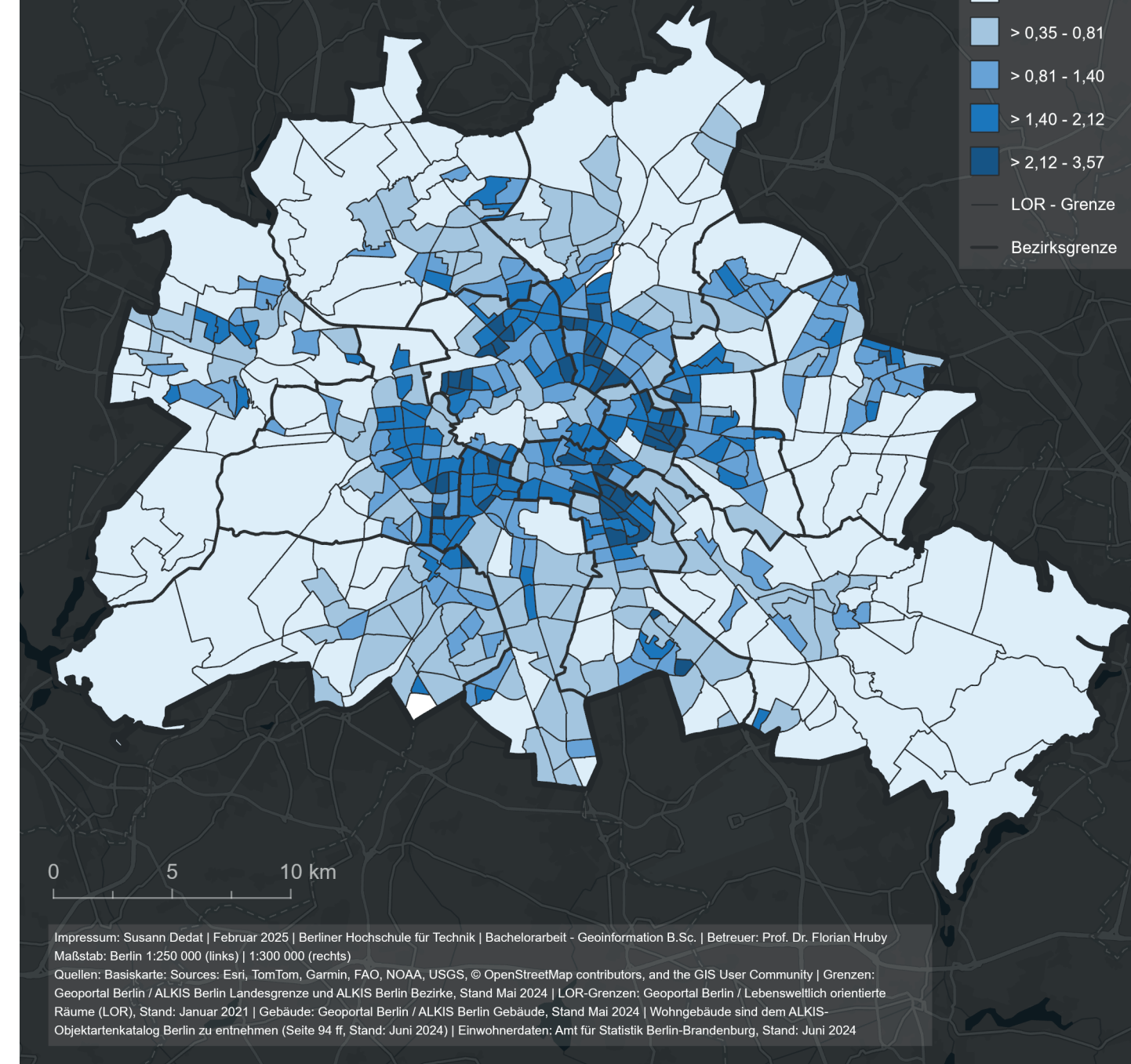
Deshalb kommt die dasymetrische Choroplethenkarte zum Einsatz. Sie wird mithilfe von Hilfsdaten erstellt und

ist nicht an die Verwaltungsgrenzen gebunden. Aufgrund der Hilfsdaten werden nur die Regionen in die Berechnung mit einbezogen, welche relevant sind. In diesem Fall sind das die Gebäude, welche ausschließlich dem Zweck des Wohnens dienen. So entsteht ein differenziertes Bild, wo und auf was für einer tatsächlichen Fläche gelebt wird. Der Aufbau der Stadt ist somit besser zu erkennen, dennoch wird weiterhin die vertikale Struktur außer Acht gelassen. Daher ist in Abbildung 1 Karte 3 die Bevölkerungsdichte auf die Geschosshöhe berechnet. In Verbindung mit Karte 2 kann diese Variante Aufschluss über die Geschosshöhen geben, da sich die Fläche mit jedem Geschoss vergrößert.

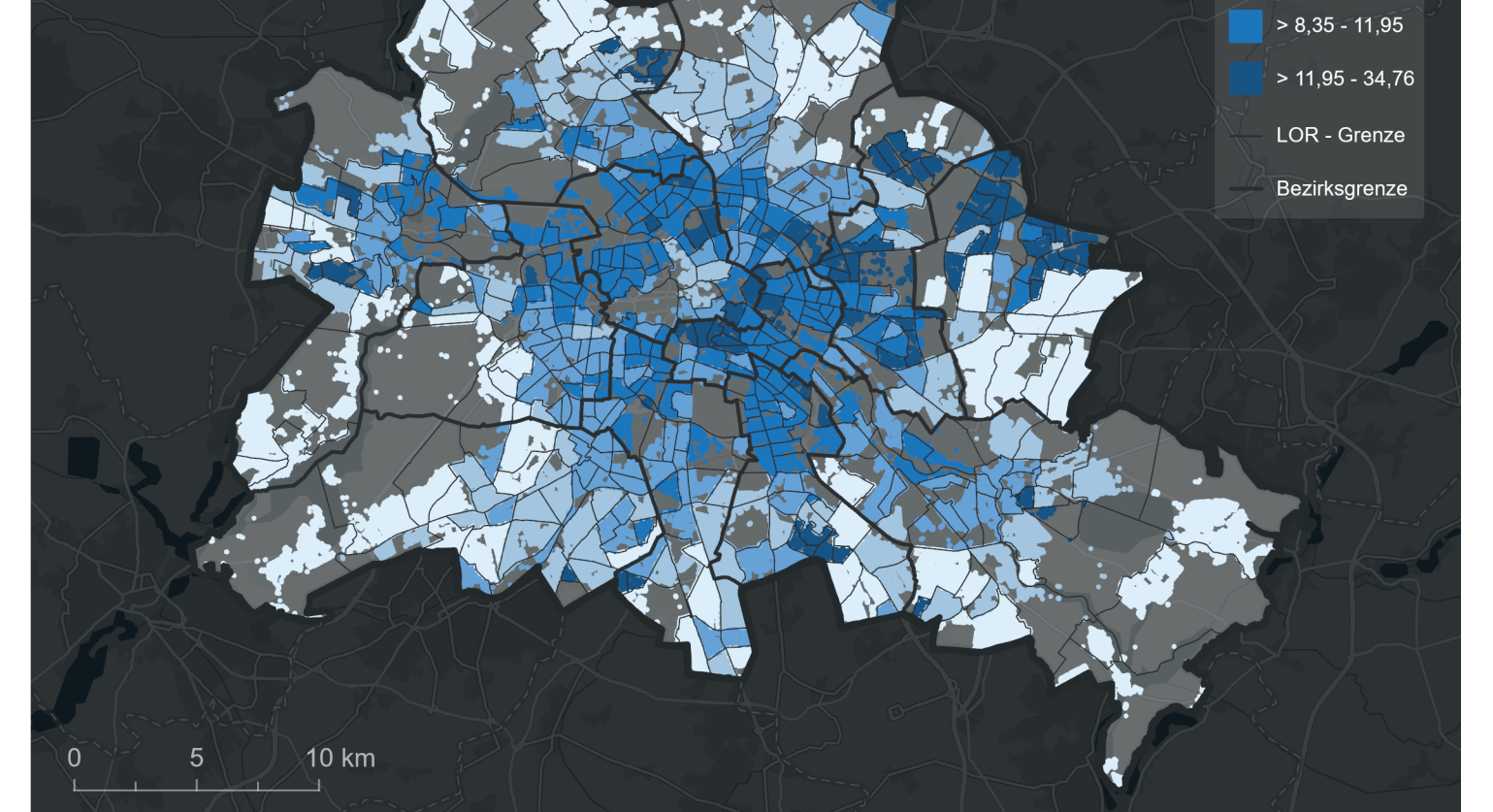
Darstellung der Einwohner 2024 pro 100 m² bezogen auf drei verschiedene Grundflächen in den lebensweltlich orientierten Räumen Berlins

Karte 1 stellt eine Choroplethenkarte dar, welche die Einwohnerdichte auf die gesamte Fläche der Bezugsfläche zeigt. Im Vergleich dazu, werden in Karte 2 und 3 nur die Flächen betrachtet, die dem Zweck des Wohnens dienen. Da die Gebäude eine unterschiedliche Geschosshöhe besitzen, wird die Einwohnerdichte auch auf die Geschosshöhe (Karte 3) dargestellt. Alle Karten wurden nach der gleichen Methode (Natural Breaks nach Jenks) und gleicher Klassenzahl klassifiziert. Somit entsteht eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Darstellungsmöglichkeiten sowie eine voneinander abweichende Verteilung der Dichte.

Karte 1: Einwohner in den lebensweltlich orientierten Räumen pro 100 m²



Karte 2: Einwohner pro Gebäudegrundfläche pro 100 m²



Karte 3: Einwohner pro Geschosshöhe pro 100 m²

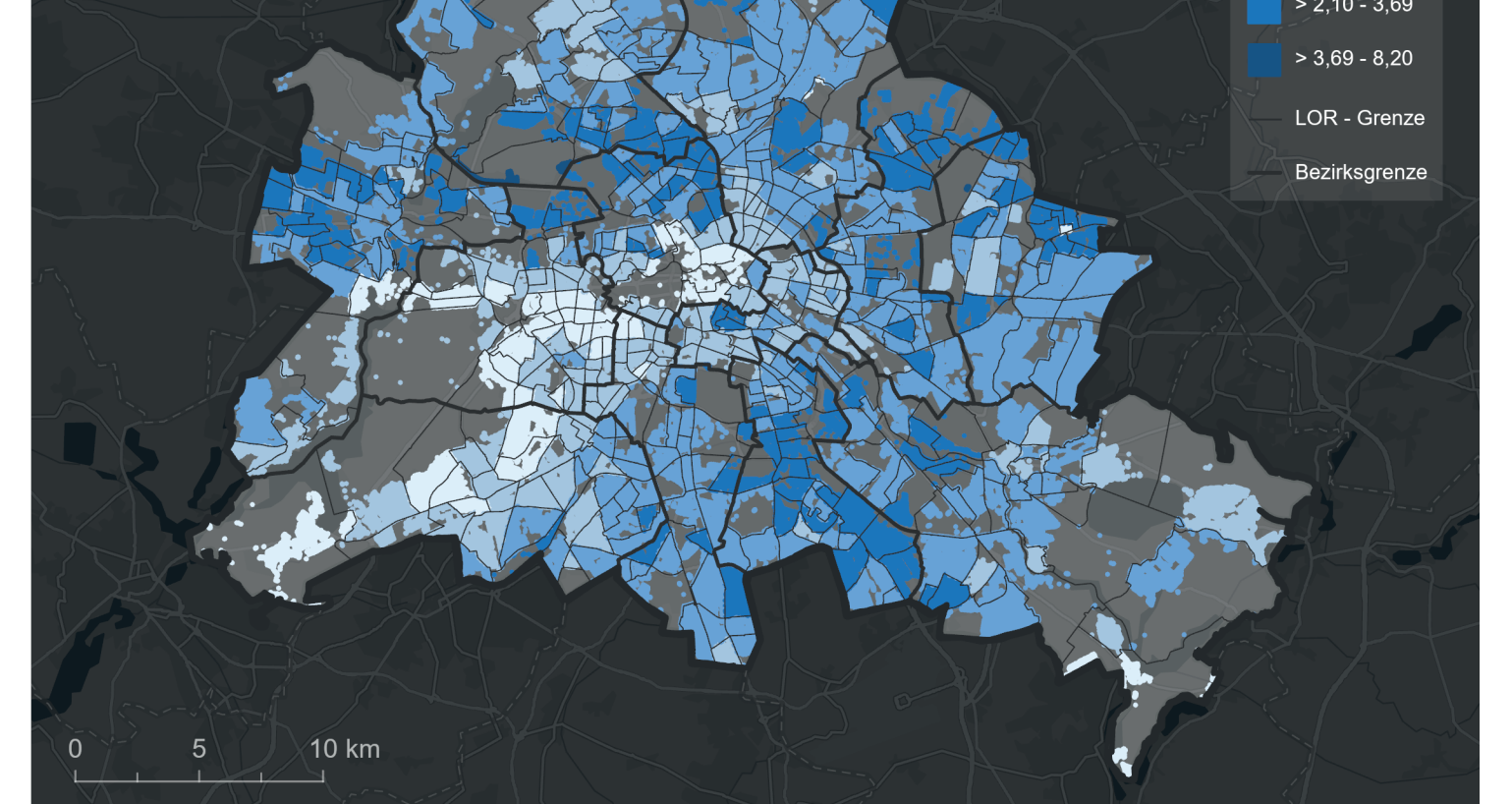
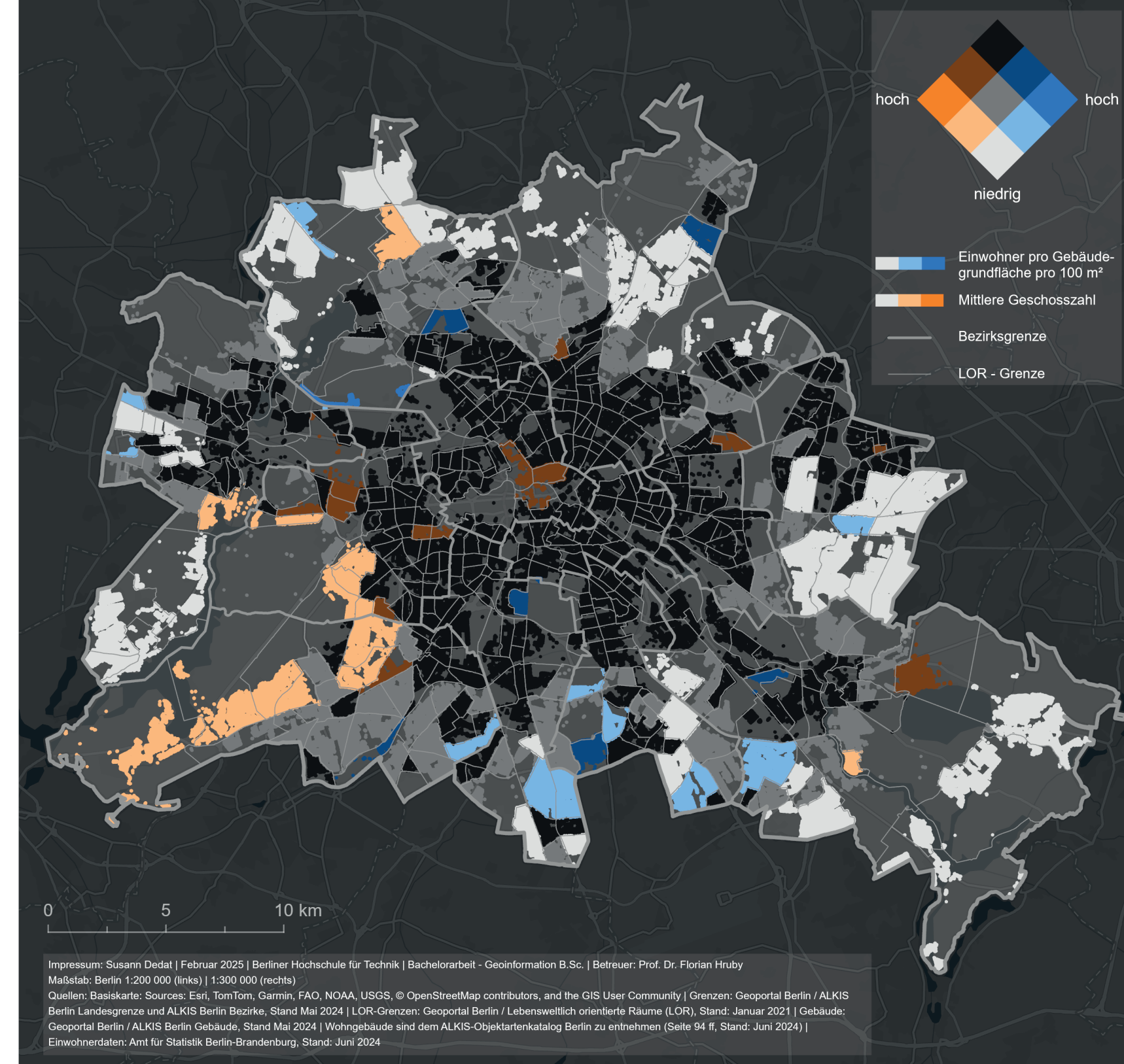


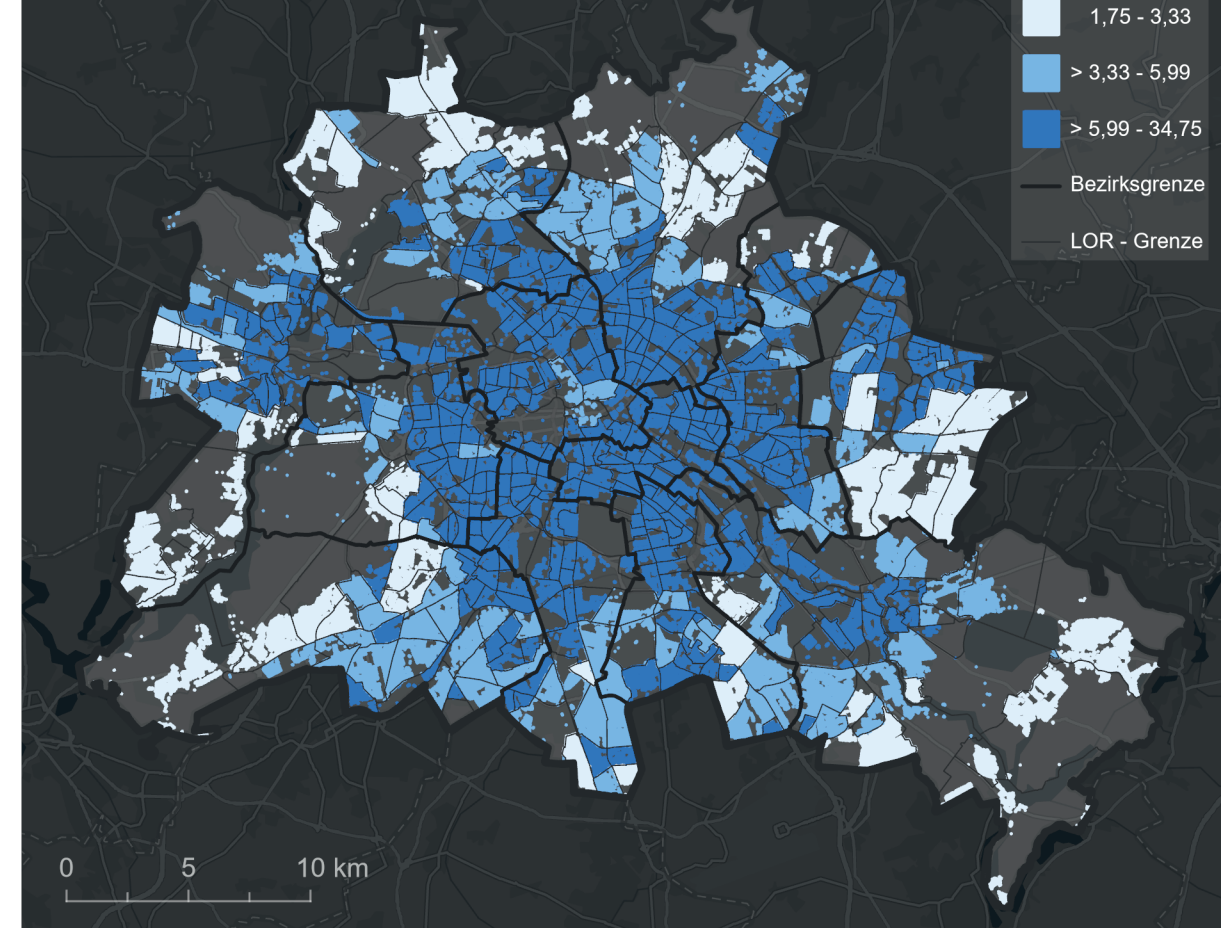
Abbildung 1: Die (dasymetrische) Choroplethenkarte als Darstellungsmedium der Bevölkerungsdichte. | Dedat 2025

Bivariate Darstellung der Einwohner 2024 pro 100 m² Gebäudegrundfläche und der mittleren Geschosshöhe in den lebensweltlich orientierten Räumen Berlins.

Diese Karte zeigt eine Kombination aus den beiden dasymetrischen Choroplethenkarten der Einwohnerdichte (blau) und den Geschosshöhen (orange) im Untersuchungsgebiet. Die Grundfläche sowie die Geschosshöhen beziehen sich ausschließlich auf Gebäude, welche dem Zweck des Wohnens dienen. Graustufen deuten auf eine Korrelation zwischen beiden Attributen hin, während farbige Darstellungen auf eine Differenz hinweisen. Die Klassifizierungsmethode der Quantile ermöglicht eine Vergleichbarkeit beider Attribute.



Einwohner pro Gebäudegrundfläche in den lebensweltlich orientierten Räumen pro 100 m²



Mittlere Geschosshöhe in den lebensweltlich orientierten Räumen

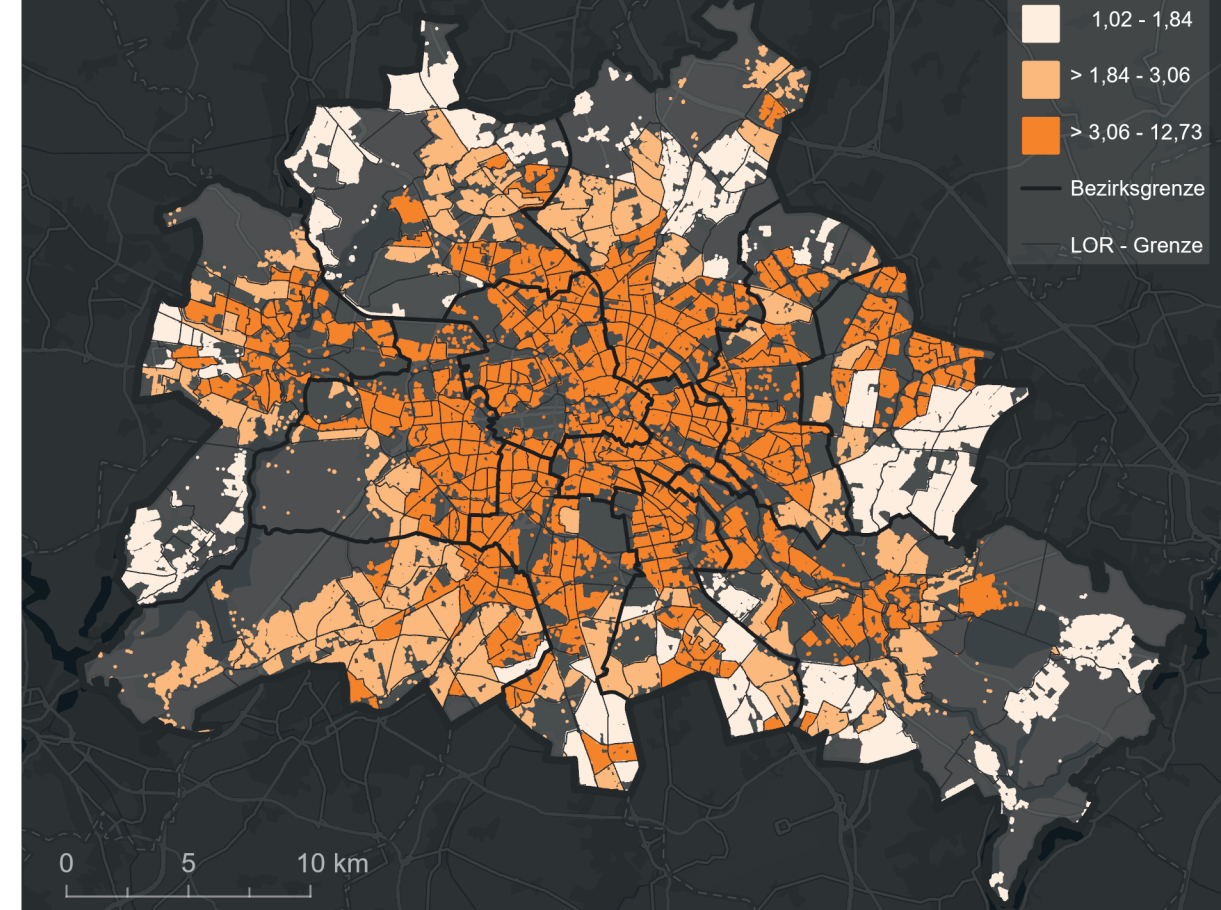


Abbildung 2: Bivariate Datenvisualisierung – Welchen Nutzen bringt diese Darstellungsart? | Dedat 2025

Datengrundlage und Datenverarbeitung

Datengrundlage für alle Darstellungsvarianten bilden die Einwohner 2024 in den LOR und die Gebäude, welche ausschließlich dem Zweck des Wohnens dienen. Der Gebäude-Layer wird mit dem LOR-Layer in ArcGIS Pro über die Funktion „Summarize Within“ kombiniert, um die mittlere Geschosshöhe sowie die gesamte Wohnfläche

innerhalb der LOR zu berechnen (Einwohner pro Gebäudegrundfläche pro 100 m²). Über die Funktion „Identity“ erhält der Gebäude-Layer alle Informationen, die im Vorfeld im LOR-Layer erstellt worden sind. In diesem Layer sind alle relevanten Informationen kombiniert, wodurch dieser zur Visualisierung dient.

Bivariate Datenvisualisierung - Welchen Nutzen bringt diese Darstellungsart?

Die Bivariate Datenvisualisierung verbindet zwei Attribute durch eine Überlagerung. Eine Choroplethenkarte gibt die Bevölkerungsdichte an, während die andere die Geschosshöhen enthält. Das Ziel ist, herauszufinden wie sich die Bevölkerung im Verhältnis zur Geschosshöhe verhält. Für diese Vergleichbarkeit empfiehlt sich die Klassifizierung nach Quantilen. Sie können beide Karten durch die gleiche Anzahl an Werten pro Klasse vergleichbar machen und lassen sich nicht durch die Art der Verteilung beeinflussen. Der Übersichtlichkeit halber sollten nicht mehr als 4 Klassen verwendet werden, da durch die Matrix-Darstellung von 4x4 16 verschiedene Farben entstehen, die schwer unterscheidbar sind. Außerdem ist die Farbwahl für die gute Erfassung entscheidend. Es bietet sich an Komplementärfarben zu verwenden, da diese bei gleicher Farbtintensität einen Grauton bilden. Dadurch wird die Farbanzahl reduziert und die Zuordnung erleichtert.

Die Farbwahl richtet sich nach dem Schema der Komplementärfarben nach J. Ronald Eytton. Zur leichteren Erfassung ist die Einwohnerdichte, wie auch in Abbildung 1 und 3, in Blau dargestellt. Die oberirdischen Geschosse sind im Gegensatz dazu in Orange symbolisiert. Bei einer Kombination der Farben entsteht ein Grauton, welcher eine Korrelation beider Attribute widerspiegelt. Hellgrau deutet auf eine geringe Einwohnerdichte und eine geringe Geschosshöhe hin, während Dunkelgrau eine hohe Einwohnerdichte und eine hohe Geschosshöhe aufweist. Ist Blau oder Orange in der Karte sichtbar, bedeutet dies, dass entweder die Einwohnerdichte oder die Geschosshöhe hoch ist. Aufgrund der Quantile können beide Karten miteinander verglichen werden. Dieser Kartentyp zeigt, in welchen Gebieten viele Menschen leben, aber dennoch genügend Wohnraum vorhanden oder ob das Gegenteil der Fall ist.

Datenvisualisierung nach Value-by-alpha - Eine weitere geeignete Darstellung?

Value-by-alpha Karten ermöglichen es, zwei oder mehr Variablen durch die Verwendung von Transparenz differenzierter in den jeweiligen Bezugseinheiten darzustellen. Der Alpha-Wert beschreibt die Durchsichtigkeit oder Transparenz. Das bedeutet, je größer der Wert, desto weniger transparent ist die Darstellung - die Farbe ist als voll gesättigt. Der Alphakanal jeder Bezugseinheit wird mit dem zu betrachtenden Datenwert in Beziehung gebracht, wodurch eine Ausgleichsvariable entsteht. Diese sorgt dafür, dass Bezugseinheiten mit niedrigen Werten im Hintergrund verschwinden und Einheiten mit hohen Werten rücken durch einen „Spotlight“-Effekt in den Vordergrund. Die Attribute werden in zwei Ebenen übereinander gelegt, wobei die eine Ebene einen Farbwert erhält und die andere einen Transparenzwert. Die Farbebene liegt auf einem einfarbigen Hintergrund, der entweder Schwarz oder Weiß ist.

Die Value-by-alpha-Visualisierung zeigt ein weniger differenziertes Bild als die bivariate Darstellung. Es ist relevant, welches Attribut die Farbe und welches die Transparenz zugewiesen bekommt. Bei Variante 1 ist die Dichte pro Gebäudegrundfläche pro 100 m² durch die Farbe definiert. Sattes Blau deutet auf eine Korrelation hin. Je stärker der Blauton in den Hintergrund rückt, desto niedriger sind die Gebäude. Dadurch rückt allerdings der Gegensatz von vielen Menschen zu wenigen Geschossen auch in den Hintergrund, wohingegen gerade diese Konstellation auffallen sollte. Als Vergleich dazu dient Variante 2, welche die Geschosshöhe durch die Farbe definiert und die Dichte über die Transparenz. In diesem Beispiel leuchten alle Bereiche in den verschiedenen Vergleichswerten Menschen leben, wodurch der Fokus auch auf Gebiete mit wenig Fläche und vielen Menschen gelenkt wird.

Welche Darstellung eignet sich am besten?

Die bivariate Darstellung bietet im Vergleich zu den anderen Betrachtungsweisen das prägnanteste Bild. Es zeigt sehr deutlich auf, in welchen Bereichen das Verhältnis von Bevölkerungsdichte in horizontaler Ebene und der Betrachtung in vertikaler Ebene ausgeglichen scheint. Außerdem fallen anhand der Farbgebung schnell Gebiete mit einem Ungleichgewicht auf. Dabei spielt es keine Rolle, ob in diesen Gebieten Einzelhäuser oder Hochhäuser stehen. Solange die Menge an Personen prozentual zur Geschosshöhe gleichbleibt, ist der Platz den jede Person zum Leben im privaten Raum zur Verfügung hat, identisch. Flächen in einem Grauton zeigen immer, ob das Verhältnis von Dichte zu Geschosshöhe zueinander stimmt oder ein Ungleichgewicht herrscht. Dabei kann der zur Verfügung stehende Raum kleiner oder größer als in dem jetzigen Untersuchungsgebiet sein. Entscheidend ist dabei nur das Verhältnis von Einwohner pro Grundfläche und der Geschosshöhe.

Value-by-alpha eignet sich nur bedingt für diese Fragestellung, da sie nur ein Attribut in den Fokus rückt. Relevant ist herauszufinden, in welchen Gebieten zu viele oder sehr wenige Menschen in Bezug auf den Wohnraum leben. In Variante 1 rücken allerdings nur Bereiche mit viel Wohnraum in den Vordergrund und in Variante 2 viele Einwohner. Der Vergleich zwischen beiden bleibt dabei eher im Hintergrund.

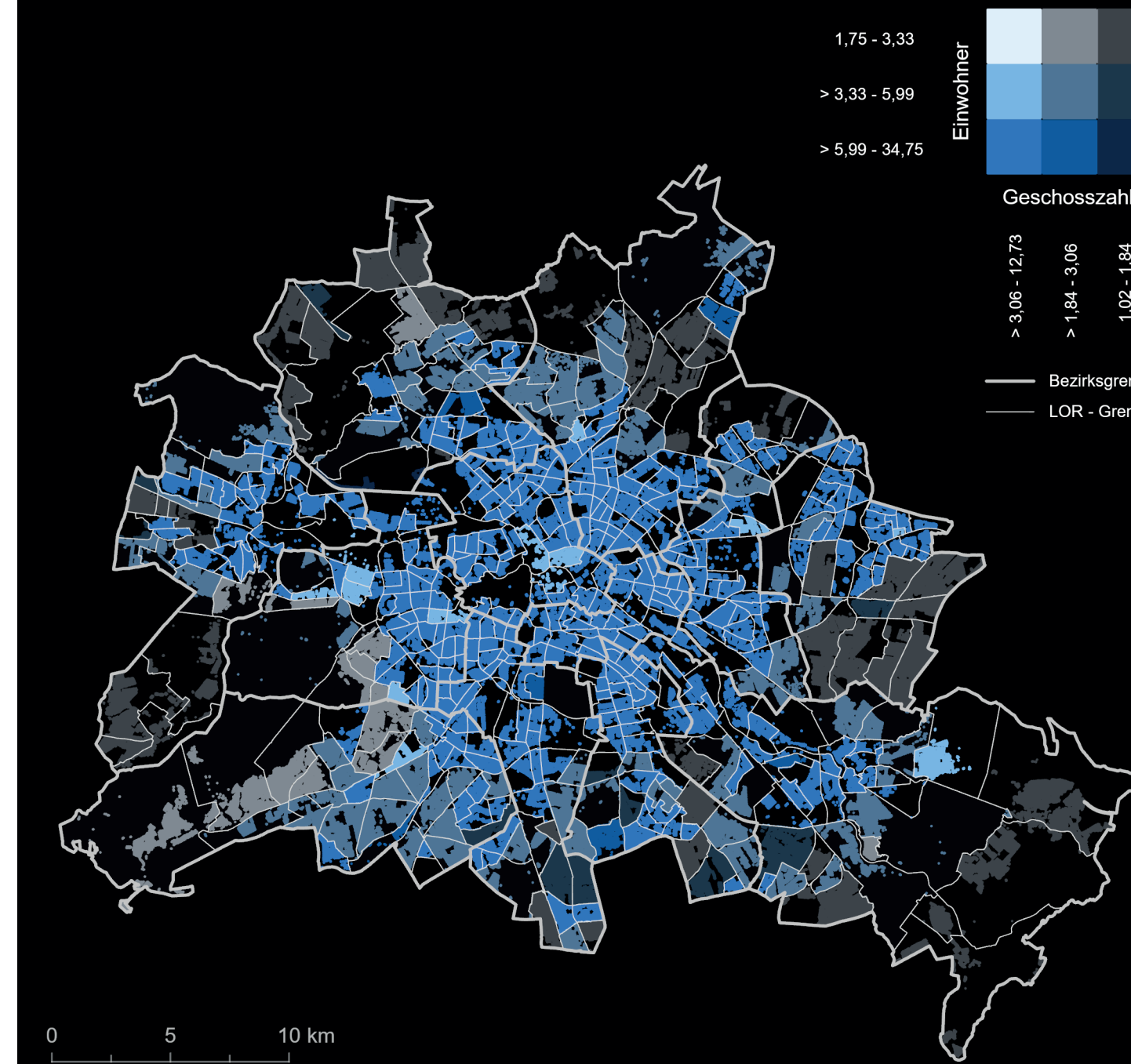
In Abbildung 1 ist die vertikale Siedlungsstruktur nur in Karte 3 ersichtlich. Allerdings nur dann, wenn Karte 2 mit betrachtet wird. Es kann aufgrund der Farbveränderung darauf geschlossen werden, ob viele oder wenige Geschosse dazu gekommen sind. Die Anzahl kann nicht abgeleitet werden. Sie bietet dennoch einen Eindruck, auf was für einer Fläche die Bevölkerung lebt, obwohl die Geschosshöhe nicht erwähnt, aber durch die Geschosshöhe in der Visualisierung berücksichtigt ist.

Value-by-alpha-Darstellung der Einwohner 2024 pro 100 m² Gebäudegrundfläche und mittleren Geschosshöhe in den lebensweltlich orientierten Räumen Berlins.

Diese Karte kombiniert die dasymetrischen Choroplethenkarten der Einwohnerdichte und den mittleren Geschosshöhen im Untersuchungsgebiet. In Variante 1 wird die Einwohnerdichte durch die Farbe symbolisiert, während sie in Variante 2 die Transparenz bestimmt. Die Grundfläche sowie die Geschosshöhen beziehen sich ausschließlich auf Gebäude, welche dem Zweck des Wohnens dienen. Die Klassifizierungsmethode der Quantile ermöglicht eine Vergleichbarkeit beider Attribute.

Variante 1

Die Transparenz wird durch die Ausgleichsvariable der mittleren Geschosshöhe berechnet. Das heißt je höher die Transparenz, desto intensiver ist die Farbe. Flächen mit einer niedrigen Geschosshöhe rücken dadurch in den Hintergrund.



Variante 2

Die Transparenz wird durch die Ausgleichsvariable der Einwohner berechnet. Das heißt je höher die Transparenz, desto intensiver ist die Farbe. Flächen mit einer niedrigen Einwohnerdichte rücken dadurch in den Hintergrund.

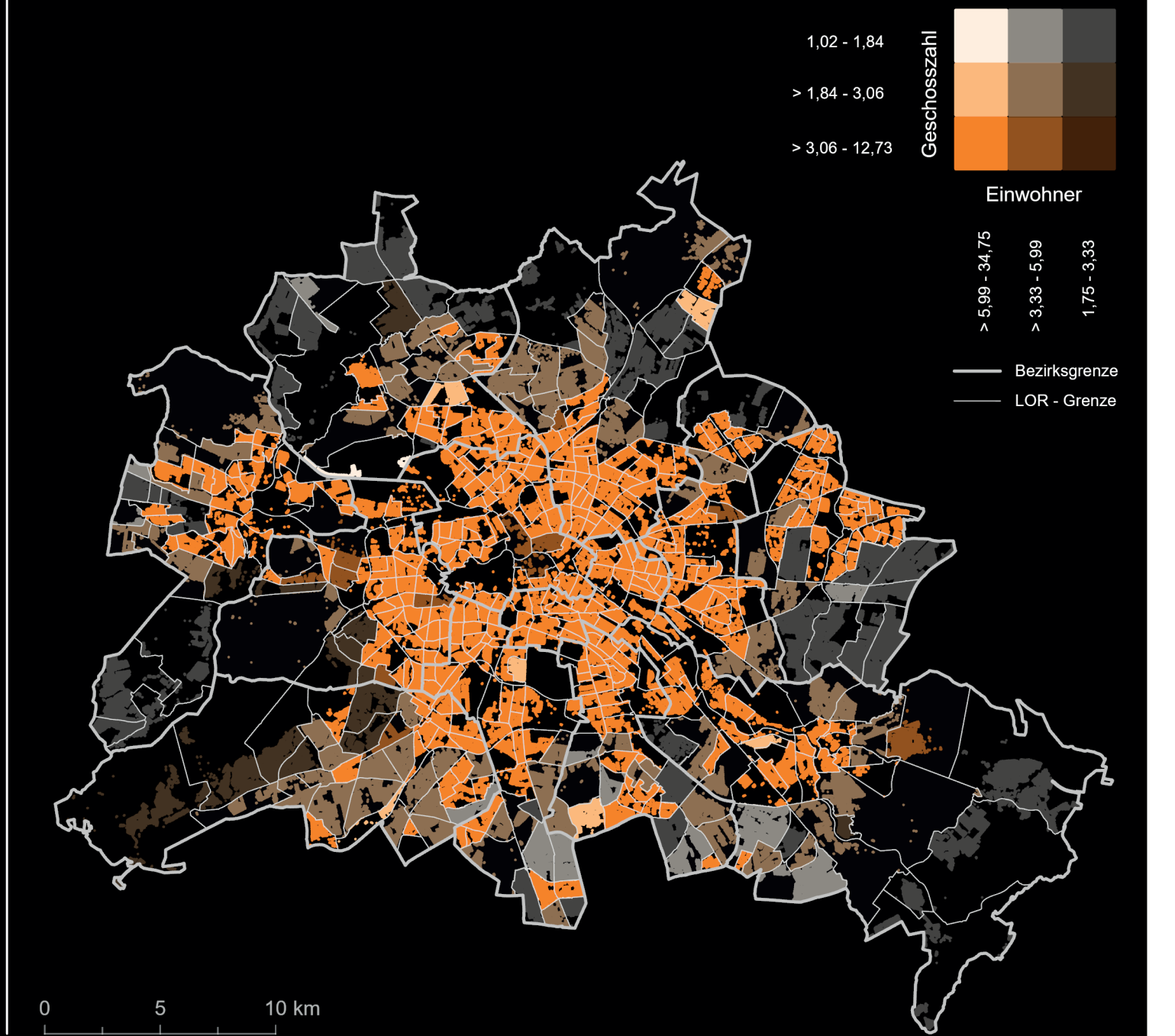


Abbildung 3: Datenvisualisierung nach Value-by-alpha - Eine weitere geeignete Darstellung? | Dedat 2025

Was für Vorteile bringt diese Betrachtungsweise?

Sie bietet eine Grundlage für einige Fragen im humangeographischen Bereich, da die Bezugseinheiten die LOR darstellen, welche unter anderem auf sozialer Homogenität gebildet wurden. Interessant wäre die Ermittlung, wie die

Bevölkerungsstruktur in den jeweiligen Gebieten aufgebaut ist. Gibt es zwischen der Bevölkerungsdichte und der Geschosshöhe Zusammenhänge in Bezug auf Mietpreise, Einkommen oder Herkunft der dort lebenden Personen?

Literatur

DENT, BORDEN D.; TOUGOUSON, JEFFREY S. & THOMAS W. HODLER (2008): Cartography: Thematic Map Design. – 6. Auflage, New York. | HODLER, THOMAS W.; HOLT JAMES B. & C. P. LO (2004): Dasymetric Estimation of Population Density and Areal Interpolation of Census Data. – In: Cartography and Geographic Information Science, Jg. 2004, Vol. 31, No. 2, 103-121. | HRUBY, FLORIAN (2021): 190 Jahre Choroplethenkarten: Ein Zwischenruf. – In: KN – Journal of Cartography and Geographical Information, Jg. 2018, Heft 2, 58 – 65. | PERDUE, NICHOLAS A. (2013): The Vertical Space Problem: Rethinking Population Visualizations in Contemporary Cities. – In: Cartographic Perspectives – Journal of the North American Cartographic Information Society, Jg. 2013, Vol. 74, 9 – 28. | ROTH, ROBERT E.; JOHNSON, ZACHARY F. & ANDREW W. WOODRUFF (2010): Value-by-alpha maps: An alternative technique to the cartogram. – In: Cartographic Journal, Vol. 47, No. 2, 130-140. | SLOCUM, TERRY A. et al. (2009): Thematic Cartography and Geovisualization. – 3. Auflage, Upper Saddle River