

Stadt Ingolstadt

Wohnlagenverzeichnis 2023

Methodenbericht vom 20.09.2023



**ANALYSE &
KONZEPTE**
immo.consult

Analyse & Konzepte immo.consult GmbH
Gasstraße 10 | 22761 Hamburg

phone +49 (0)40 4850 098 – 0
fax +49 (0)40 4850 098 – 98
mail info@analyse-konzepte.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Konzeption.....	2
3	Aufbau der Basisdatenbank.....	3
4	Der Indikatorenkatalog.....	4
4.1	Indikatorenset zur Wohnlagenbestimmung in Ingolstadt.....	4
4.2	Aggregation der Indikatorenwerte auf Blockseiteebene.....	13
5	Bestimmung von Referenzgebieten.....	14
6	Ermittlung der Formeln für die Wohnlagenzuordnung.....	15
6.1	Methodisches Vorgehen.....	15
6.2	Ergebnis der Regressionsrechnung.....	16
6.3	Zuordnung der Wohnlagen.....	18
7	Anpassung der Wohnlagen durch den Arbeitskreis.....	21

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Bodenrichtwertzonen in Ingolstadt.....	6
Abb. 2	Apotheken und Zentren in Ingolstadt.....	7
Abb. 3	Schulen und Kindergärten in Ingolstadt.....	8
Abb. 4	Berücksichtigte Grünflächen in Ingolstadt.....	9
Abb. 5	Berücksichtigte Gewerbeflächen in Ingolstadt.....	10
Abb. 6	Ausbreitung des Straßenverkehrslärms.....	11
Abb. 7	Karte Referenzgebiete mit Wohnlage 2023.....	14
Abb. 8	Lage der Goethestraße 119-141 in Ingolstadt.....	20

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Indikatorenset zur Wohnlagenbestimmung in Ingolstadt.....	5
Tab. 2	Regressionsmodell.....	16
Tab. 3	Wohnlageneinstufung im Arbeitskreis und nach Berechnung.....	17
Tab. 4	Finale Umstufung durch den Arbeitskreis.....	21

1 Einleitung

Analyse & Konzepte wurde vom Referat V – Soziales, Jugend und Gesundheit der Stadt Ingolstadt in Vorbereitung auf die Erstellung des Mietspiegels Ingolstadt 2023 beauftragt, das Wohnlagenverzeichnis zu erstellen.

Die Vorgaben zu den Wohnlagen im Kontext der Mietspiegelerstellung sind in § 19 der Mietspiegelverordnung geregelt. Danach sollen Wohnlagen nur insoweit ausgewiesen werden, wie sie einen mietspreisbildenden Einfluss haben. Außerdem soll die Wohnlagenbewertung nach Möglichkeit auf vor Ort feststellbare Faktoren aufgebaut sein.

Vor diesem Hintergrund wurde für die Ermittlung des Wohnlagenverzeichnisses 2023 der Stadt Ingolstadt ein Indikatorkatalog, der den Berechnungen zugrunde liegt, erstellt, sowie eine Berechnung für alle Blockseiten¹ mit Wohnnutzung in Ingolstadt vorgenommen. Ein besonderer Fokus bei der Erstellung des Indikatorkatalogs lag dabei auf der Transparenz in Bezug auf die Datengrundlagen und die Berechnungsmethodik der Wohnlagen. Hier folgt das Vorgehen den Vorgaben des § 19 der Mietspiegelverordnung, da Faktoren wie Zentralität, Infrastruktur und Begrünung berücksichtigt werden (siehe Kapitel 4).

Die Wohnlageneinstufung erfolgt nach diesem datenbasierten Berechnungssystem einheitlich für alle Blockseiten mit Wohnnutzung in Ingolstadt. Zusätzliche Begehungen vor Ort erfolgten nicht. Sämtliche rund 29.000 Adressen sind anhand des Systems bewertet worden.

¹ Eine Blockseite setzt sich aus einer oder mehreren Adressen eines Baublocks zusammen, siehe Abschnitt 4.2

2 Konzeption

Die Wohnlageneinstufung erfolgte in zwei Stufen: In der ersten Stufe wurde durch Diskurs und Konsensbildung im Arbeitskreis Mietspiegel einer Auswahl an Referenzgebieten drei Wohnlagenkategorien zugeordnet. Ergänzt bzw. angepasst wurde diese in einer zweiten Stufe durch eine datenbasierte Einstufung. Als wohnlagenrelevant wurden dabei in beiden Schritten insbesondere folgende Merkmale berücksichtigt:

- Umwelt (u.a. umgebende Nutzung, Verkehrsbelastung)
- Umgebung (u.a. Grün- und Gewerbeflächen)
- Erreichbarkeit/Versorgung (Lage zum Zentrum, Einzelhandelsversorgung)

Im Ergebnis dieses Prozesses wurden für die Stadt Ingolstadt drei Wohnlagen – einfache, normale und gute Wohnlage – bestimmt.

Für die Erstellung des Wohnlagenverzeichnisses sollte nun zunächst eine datenbasierte Einstufung der Wohnlage entwickelt und auf alle Blockseiten mit Wohnnutzung angewandt werden. Dabei standen folgende methodische Eckpunkte im Vordergrund:

- *Entwicklung eines an objektiven Daten orientierten Indikatorensystems, wobei die Transparenz und Nachvollziehbarkeit einzelner Indikatoren sichergestellt wird.*
- *Einsatz von vorhandenen Sekundärdaten und dadurch Wegfall des notwendigen Begehungsaufwandes.*

Für die Berechnung der Ingolstädter Wohnlagen unter diesen Prämissen wurden die folgenden Arbeitsschritte ausgeführt, die in den anschließenden Kapiteln ausführlich dargestellt werden:

- Aufbau einer Basisdatenbank,
- Aufbau des Indikatorenkatalogs,
- Identifikation von Referenzgebieten,
- Bewertung der Referenzgebiete durch den Arbeitskreis,
- Berechnung des Einflusses der einzelnen Indikatoren,
- Bestimmung der konkreten Wohnlagen für alle Blockseiten
- Anpassung von sogenannten Grenzfällen durch den Arbeitskreis.

3 Aufbau der Basisdatenbank

Alle Indikatorenwerte werden in einer Basis-Datenbank gesammelt. Die Datenbank baut auf der kleinsten verfügbaren Ebene, dem Hauseingang bzw. der Adresse auf. Die Berechnung der Wohnlage erfolgt auf Ebene der Blockseite. Auch wenn nicht alle Indikatorenwerte individuell für jede Adresse bestimmt werden können – siehe hierzu die Erläuterungen zu den Indikatoren –, ermöglicht diese kleinräumige Betrachtung, Besonderheiten einzelner Lagen zu berücksichtigen.

Als Grundlage für die Datenbank wurde von der Stadt Ingolstadt ein Datensatz der geocodierten Adressen im Stadtgebiet bereitgestellt. Dieser enthält neben den Geokoordinaten auch Adressinformationen zu Straße, Hausnummer und Postleitzahl. Der Datensatz wurde mittels Nutzungsart und Bodenrichtwert bereinigt, sodass sichergestellt werden konnte, dass nur Gebäude mit Wohnfunktion in die Wohnlagenberechnung einbezogen wurden.

Alle Indikatorenwerte wurden auf Ebene der Adressen ermittelt bzw. gesammelt. Um ein Aggregieren der adressscharfen Daten auf räumlich höheren Ebenen sowie eine Übernahme der Daten räumlich höherer Ebenen auf die Adressen zu ermöglichen, die für einige Indikatoren notwendig sind (siehe Kap. 4), wird jede Adresse den jeweils übergeordneten Bezugsebenen zugeordnet. Dies sind:

- Baublockseite,
- Baublock,
- Bodenrichtwertzone,
- Stadtteil.

4 Der Indikatorenkatalog

Um eine rechnerische Wohnlagenbewertung zu ermöglichen, ist es notwendig, Wohnlagenmerkmale bzw. Indikatoren zu identifizieren, die eine entsprechende Berechnung zulassen.

Eine differenzierte Wohnlageneinstufung setzt Indikatoren voraus, welche in Abhängigkeit von der Wohnlage weitgehend unterschiedliche Ausprägungen aufweisen. So zeigt sich zum Beispiel häufig, dass in gut eingestuften Wohnlagen ein höherer Grünflächenanteil besteht als in weniger gut eingestuften Wohnlagen. Dies muss aber nicht immer zutreffen, so dass eine Wohnlage auch trotz geringen Grünflächenanteils als gehoben eingeschätzt werden kann. Entsprechend sind mehrere Indikatoren notwendig, um in der Summe eine sachgerechte Einstufung zu ermöglichen. Bei der Indikatorenauswahl wurden folgende Prämissen berücksichtigt:

- Nutzung objektiver, messbarer, datenbasierter Merkmale,
- Nutzung von Daten aus amtlichen Quellen, die eine hohe Datenqualität aufweisen, und
- Datensätze mit regelmäßiger Aktualisierung, um zukünftig auch in kürzeren Intervallen Überprüfungen und komplette Neuberechnungen vornehmen zu können.

Im Rahmen der Herleitung der Wohnlagenformeln (siehe Kapitel 6) wurden verschiedene Indikatoren auf ihren Einfluss auf die Wohnlagen geprüft. Dabei hat sich gezeigt, dass einige Indikatoren keinen signifikanten Einfluss auf die Wohnlagen haben und infolgedessen nicht in die Berechnung der Wohnlagen einfließen. Zu diesen gehören:

- Einwohnerdichte
- Gewässer
- Nahversorgung
- Spielplätze
- Öffentlicher Personennahverkehr

Die für die Wohnlagenformel herangezogenen Indikatoren werden im Folgenden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, Quellen und Ausprägungen dargestellt.

4.1 Indikatorenset zur Wohnlagenbestimmung in Ingolstadt

Im Folgenden werden in Abgrenzung zur Umkreisfestlegung mittels Radius Gebiete mithilfe von Polygonen beschrieben. Durch diese werden erreichbare Punkte ausgehend von einer Adresse nicht über die euklidische Distanz definiert, sondern über die fußläufige Entfernung. Beispielsweise liegen in einem 250 m Polygon ausgehend von der Adresse A alle Punkte und nur solche Punkte, die von der Adresse A aus innerhalb einer fußläufigen Entfernung von 250 Metern zu erreichen sind.

In Tabelle 1 sind die Indikatoren, die der Neuberechnung der Wohnlagen zugrunde liegen, mit ihrer Quelle, dem Bezugsraum und dem Datenstand aufgelistet. Grundsätzlich wurden dabei die

kleinste verfügbare Raumeinheit und der jeweils zum Untersuchungszeitraum aktuelle Datenstand herangezogen.

Tab. 1 Indikatorenset zur Wohnlagenbestimmung in Ingolstadt			
Indikator	Raumebene	Datenstand	Quelle
Bodenrichtwert	Bodenrichtwertzone	2022	Bodenrichtwertinformationssystem Bayern
Grünflächenanteil	250 m Polygon ausgehend von der Adresse	2018	Flächennutzung: Stadt Ingolstadt Berechnung: Analyse & Konzepte
Gewerbeflächenanteil	1.000 m Polygon ausgehend von der Adresse	2018	Flächennutzung: Stadt Ingolstadt Berechnung: Analyse & Konzepte
Lärmbelastung	10 m Radius um die Adresse	2021	ACCON GmbH
Entfernung zum Zentrum	Adresse	2023	Adressen: Stadt Ingolstadt Berechnung: Analyse & Konzepte
Entfernung zum Westpark	Adresse	2023	Adressen: Stadt Ingolstadt Berechnung: Analyse & Konzepte
Entfernung zur Manchinger Straße	Adresse	2023	Adressen: Stadt Ingolstadt Berechnung: Analyse & Konzepte
Anzahl Schulen und Kitas	750 m Polygon ausgehend von der Adresse	2022	Adressen: Stadt Ingolstadt Berechnung: Analyse & Konzepte
Apotheke vorhanden	750 m Polygon ausgehend von der Adresse	2022	Adressen: Stadt Ingolstadt Berechnung: Analyse & Konzepte



Bodenrichtwert

Der Bodenrichtwert erfasst den durchschnittlichen Lagewert des Bodens für eine Mehrheit von Grundstücken innerhalb eines abgegrenzten Gebietes, der Bodenrichtwertzone. Der Bodenrichtwert spiegelt somit den Wert eines Grundstücks in Euro pro Quadratmeter wider. Die Berechnung bzw. Ermittlung der Bodenrichtwerte erfolgt in der Regel turnusmäßig alle zwei Jahre durch den Gutachterausschuss für Grundstückswerte.

Zur Übernahme der Werte der Bodenrichtwertzonen in die Adressdatenbank erfolgt eine räumliche Verschneidung der Datensätze mittels eines Geoinformationssystems (GIS). Dabei wird jeder Adresse der Bodenrichtwert der Bodenrichtwertzone zugespield, in der sie liegt. Ein Ausschnitt der Bodenrichtwertzonen in Ingolstadt ist in der folgenden Karte dargestellt.

Abb. 1 Bodenrichtwertzonen in Ingolstadt



Apotheken

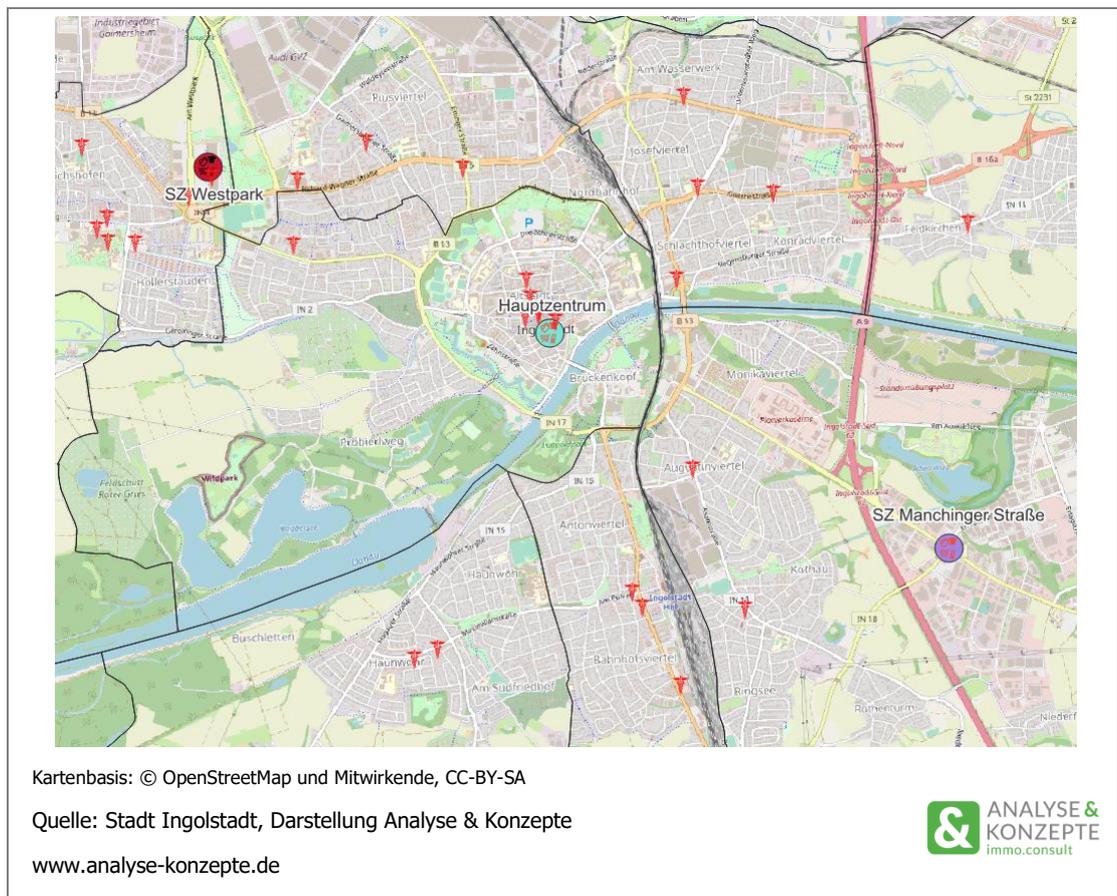
Über die Entfernung zur nächsten Apotheke wird die Gesundheitsversorgung im direkten Umfeld einbezogen. Datengrundlage bilden die Gewerbekartierung der Stadt, die um eine Auswertung der Apothekenstandorte der OpenStreetMap-Datenbank² (OSM) ergänzt wurden. Zu beiden Indikatoren wurde die fußläufig nächstgelegene Einrichtung zu jeder Adresse mittels GIS berechnet. Die Entfernung zur nächsten Apotheke geht in Form einer binären Variablen in das Wohnlagenmodell ein. Diese beschreibt, ob mindestens eine Apotheke in einer fußläufigen Entfernung von 750 m zu erreichen ist. Eine Verteilung der Apotheken im Stadtgebiet ist der Abbildung 2 zu entnehmen.

² © OpenStreetMap-Mitwirkende (ODbL).

Entfernung zum Zentrum

Berechnet wird von jeder Adresslage die fußläufige Entfernung zum Hauptzentrum. Als Referenzpunkt wird dabei der Rathausplatz im Zentrum Ingolstadts gesetzt. Die Entfernung einer Adresse zum Zentrum der Stadt Ingolstadt wird über das GIS ermittelt. Der Referenzpunkt ist in Abbildung 2 dargestellt.

Abb. 2 Apotheken und Zentren in Ingolstadt



Entfernung zum Einkaufszentrum Westpark

Berechnet wird von jeder Adresslage die fußläufige Entfernung zum Einkaufszentrum Westpark. Die Entfernung einer Adresse zum Einkaufszentrum Westpark wird über das GIS ermittelt. Dieses ist in Abbildung 2 dargestellt.

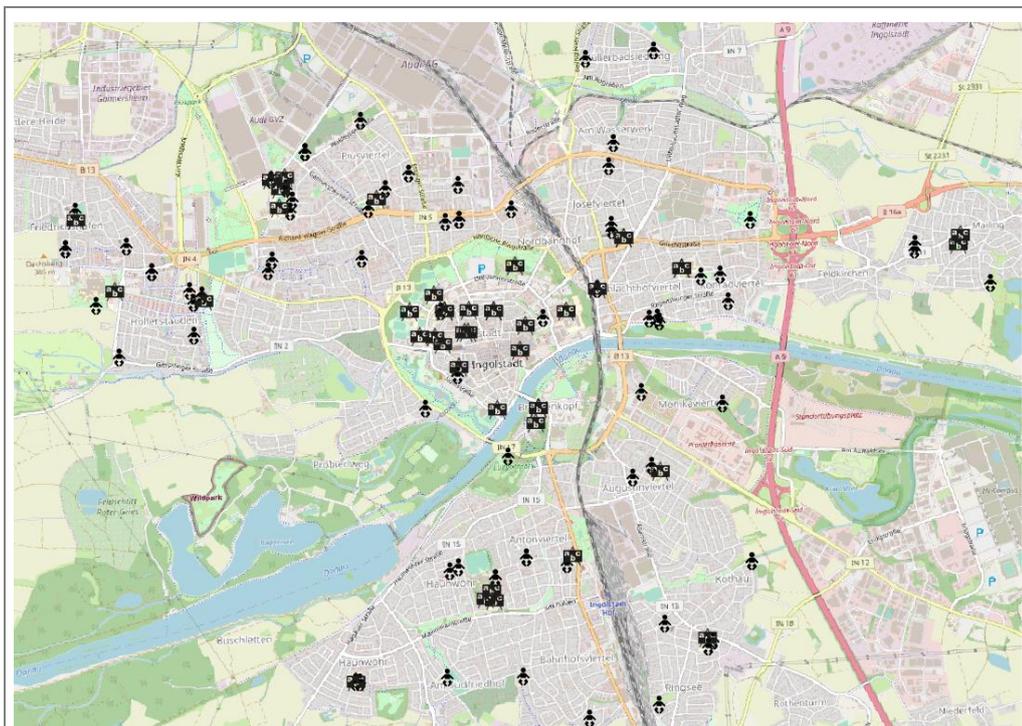
Entfernung zur Manchinger Straße

Berechnet wird von jeder Adresslage die fußläufige Entfernung zur Manchinger Straße. Als Referenzpunkt wird dabei das Einkaufszentrum in der Manchinger Straße in Ingolstadt gesetzt. Die Entfernung einer Adresse zur Manchinger Straße wird über das GIS ermittelt. Der Referenzpunkt ist in Abbildung 2 dargestellt.

Anzahl der Schulen und Kindergärten

Die Schulen und Kindergärten bilden Indikatoren der Bildungsinfrastruktur im Umfeld der Adressen. Herangezogen wird hier die Anzahl der Schulen und Kindergärten, welche fußläufig nicht weiter als 750 m von einem Adresspunkt entfernt sind. Bei den Schulen werden Schulen aller Schulformen in Ingolstadt berücksichtigt. Die Lage der berücksichtigten Schulen und Kindergärten ist in Abbildung 3 ersichtlich.

Abb. 3 Schulen und Kindergärten in Ingolstadt



Kartenbasis: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA

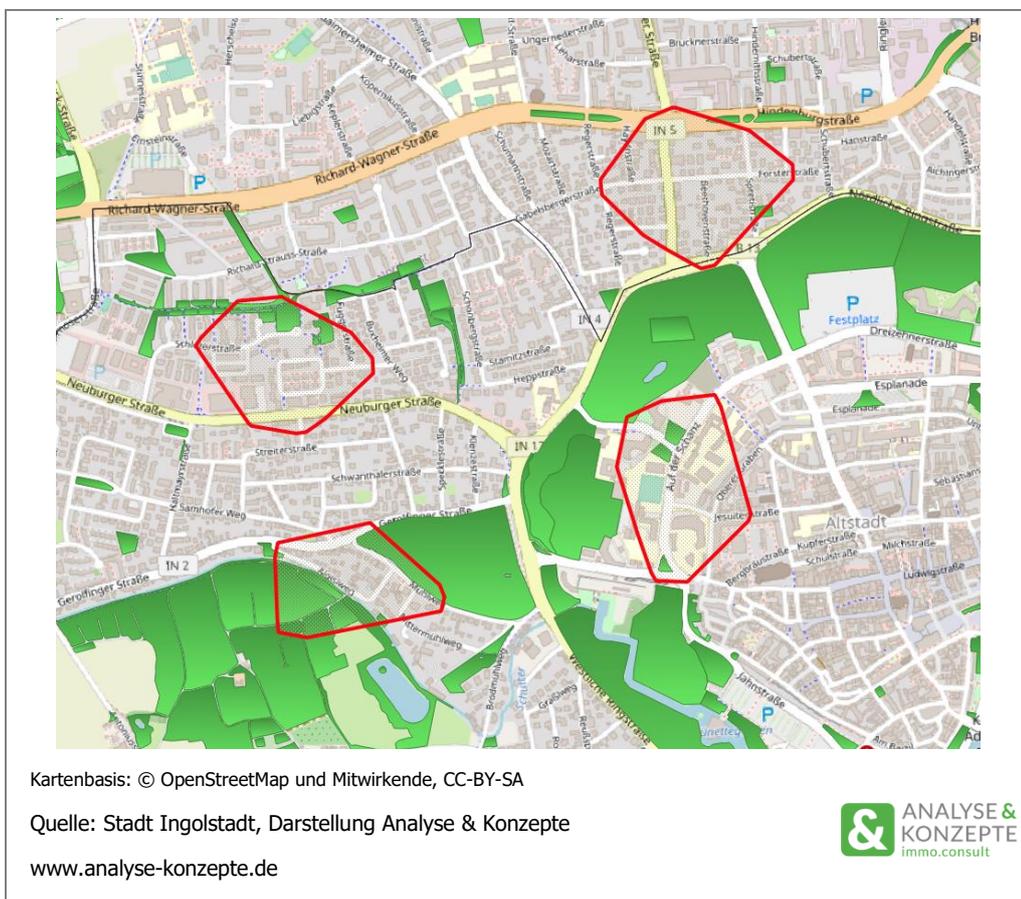
Quelle: Stadt Ingolstadt, Darstellung Analyse & Konzepte

www.analyse-konzepte.de

Grün- und Freizeitflächen

Ausgangspunkt für die Berechnung des Grünflächenanteils sind 250 m Polygone um die einzelnen Adresspunkte. Mittels Überlagerungsberechnung wird der Anteil der Fläche ermittelt, der aus Grün- und Freizeitflächen besteht. Als Grün- und Freizeitflächen werden dabei alle öffentlichen bzw. nutzbaren Grünflächen betrachtet, hierzu gehören unter anderem Kleingärten, Parks, Friedhöfe, Grünanlagen und Wälder, aber auch Sportplätze. Die Flächenverteilung in Ingolstadt wird in der nachfolgenden Abbildung 4 dargestellt. Beispielhaft sind in der Karte auch einzelne Adressen und die dazugehörigen 250 m Polygone dargestellt.

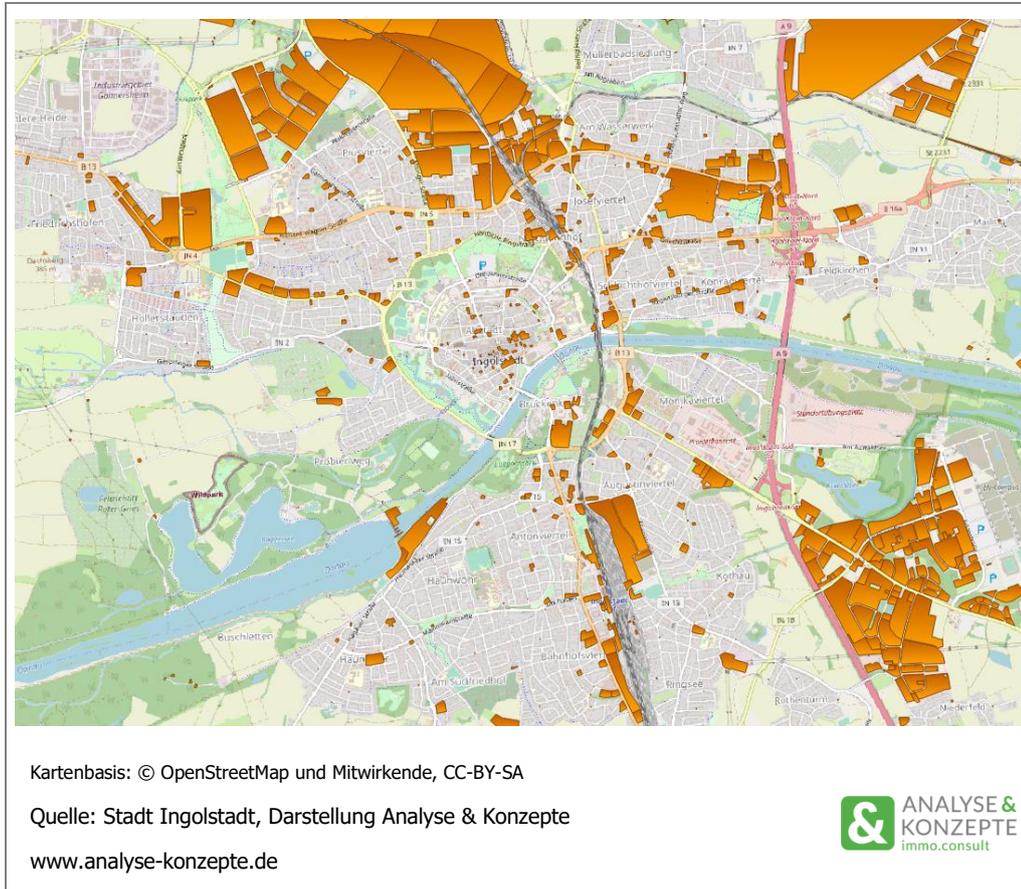
Abb. 4 Berücksichtigte Grünflächen in Ingolstadt



Gewerbeflächenanteil

Der Gewerbeflächenanteil gibt den prozentualen Anteil der Gewerbeflächen an, welcher im fußläufigen Umfeld von 1.000 m um den geocodierten Adresspunkt liegt. Mittels Überlagerungsberechnung wird ermittelt, welcher Anteil der durch die Polygone um die Adresse gebildeten Fläche von Gewerbeflächen belegt ist. Berücksichtigt werden dabei alle Flächen in Ingolstadt, für die eine Gewerbenutzung festgelegt ist. Die Verteilung im Stadtgebiet ist in Abbildung 5 dargestellt.

Abb. 5 Berücksichtigte Gewerbeflächen in Ingolstadt



Lärmbelastung

Die Feststellung einer Lärmbelastung war aufgrund fehlender, objektiver Daten in der Vergangenheit häufig von individuellen Bedingungen, etwa dem Lärmempfinden des Erhebenden sowie dem Erhebungszeitpunkt, abhängig. Durch die inzwischen zur Verfügung stehenden Lärmkartierungen besteht jetzt flächendeckend die Möglichkeit, die zentralen Lärmquellen in ihrer tatsächlichen Ausbreitung und Lautstärke zu berücksichtigen.

Es wurden für die Lärmerfassung in Ingolstadt sowohl der Lärmpegel und die Lärmausbreitung des Schienenverkehrs als auch der Straßenverkehrslärm herangezogen.

Zu beiden Lärmquellen besteht sowohl eine Kartierung des Nachtlärms als auch des Tageslärms. Als belastend wird ein Lärmpegel ab 45 dB(A) zu Nachtzeiten bzw. ab 55 dB(A) zu Tageszeiten eingestuft. Da der Tageslärmpegel an allen Adressen den Nachtlärm so weit überschreitet, dass die Tageslärmbelastung als gleichwertig oder störender einzustufen ist, geht in die Auswertung nur die Tageslärmbelastung ein.

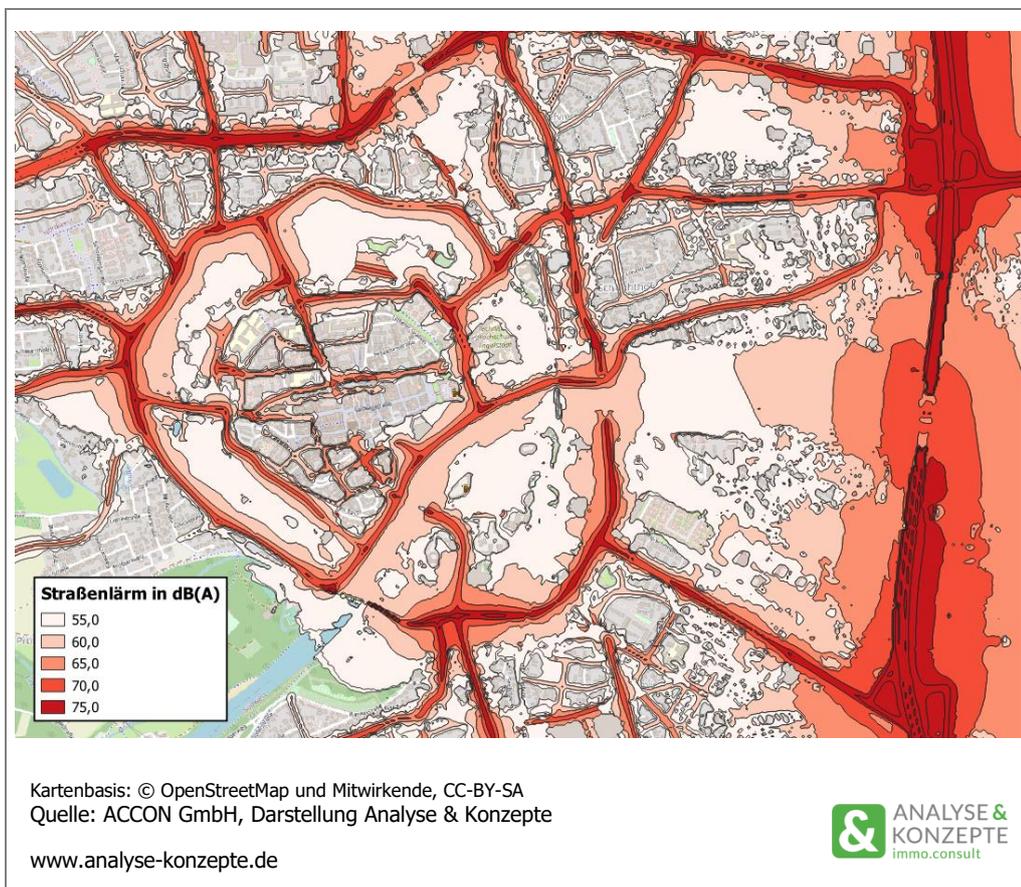
Die Lärmkartierung berücksichtigt die abschirmende Wirkung von Gebäuden und dem Gelände. Da die Adresspunkte den jeweiligen Hauseingang kennzeichnen, kann es vorkommen, dass der Adresspunkt durch die Barrierewirkung des Gebäudes nicht innerhalb eines Lärmbereiches liegt, die Gebäudefront aber lärmbelastet ist. Um dieses auszugleichen wurde ein Umkreis von 10 Metern um alle Adressen gelegt, der mit den Lärmbereichen verschnitten wurde.

Berücksichtigt wird der höchste Tageslärmpegel aus beiden Lärmquellen. Entsprechend wird an einer Adresse, an der der Straßenlärm einen höheren Pegelwert als der Schienenlärm aufweist, der Pegel des Straßenlärms übernommen. Wenn der Schienenlärm den höheren Pegel aufweist, geht dieser Wert in die Auswertung ein. Damit wird sichergestellt, dass stets die höchste Lärmbelastung berücksichtigt wird, die an einer Adresse wirksam ist.

Die resultierenden Lärmwerte wurden kategorisiert und - 5 dB(A)-Schritten folgend - den fünf Klassen [0,50), [50,55), [55,60), [60,65), [65,70) zugeordnet, welche anschließend mit den Werten 0 bis 4 identifiziert wurden. Auf Basis dieser Klassenbildung wurde die Lärmbelastung ausgewertet.

Die Lärmkartierung ist in folgender Abbildung 6 beispielhaft für den Straßenlärm im Zentrum Ingolstadts dargestellt.

Abb. 6 Ausbreitung des Straßenverkehrslärms



Nicht berücksichtigt wurden als Lärmquellen Kindergärten, Schulen, Sportplätze und Gewerbebetriebe. Zum einen ist der von diesen Einrichtungen ausgehende Lärm gemäß den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen als hinnehmbar einzustufen (Kindergärten, Schulen), zum anderen bestehen zu derartigen Lärmquellen keine Datengrundlagen.

4.2 Aggregation der Indikatorenwerte auf Blockseitenebene

Die finale Wohnlageneinstufung erfolgte auf Ebene der Blockseiten. Entsprechend mussten alle auf Adressebene ermittelten Werte zu Blockseitenwerten zusammengeführt werden. Eine Blockseite bilden in der Regel jeweils die zu der gleichen Straße ausgerichteten Adressen eines Blockes. Durch die Berechnung der Wohnlage auf Ebene der Blockseiten wird ein Kompromiss zwischen einer möglichst kleinräumigen Betrachtungsebene und der Vermeidung von Wohnlagen „als Flickenteppich“ erreicht. So kann beispielsweise berücksichtigt werden, dass innerhalb eines Blockes eine Blockseite an einer lauten Hauptstraße liegt, wogegen eine andere Blockseite zu einer ruhigen Nebenstraße ausgerichtet ist. Andererseits wird vermieden, dass aufgrund geringer Entfernungsunterschiede benachbarte Adressen in einem Gebäude in unterschiedliche Wohnlagen eingestuft werden.

Aus den Indikatorenwerten der einzelnen Adressen einer Blockseite wurde das arithmetische Mittel gebildet. Durch dieses Vorgehen wird die bauliche Lageverteilung der Adressen innerhalb der Blockseiten in der Berechnung berücksichtigt. Würde für die Entfernungs- und Umfeldbetrachtung der Mittelpunkt des Baublocks oder der Blockseite herangezogen, führte dies zu Unschärfen, die durch die adressbezogene Berechnung vermieden werden.

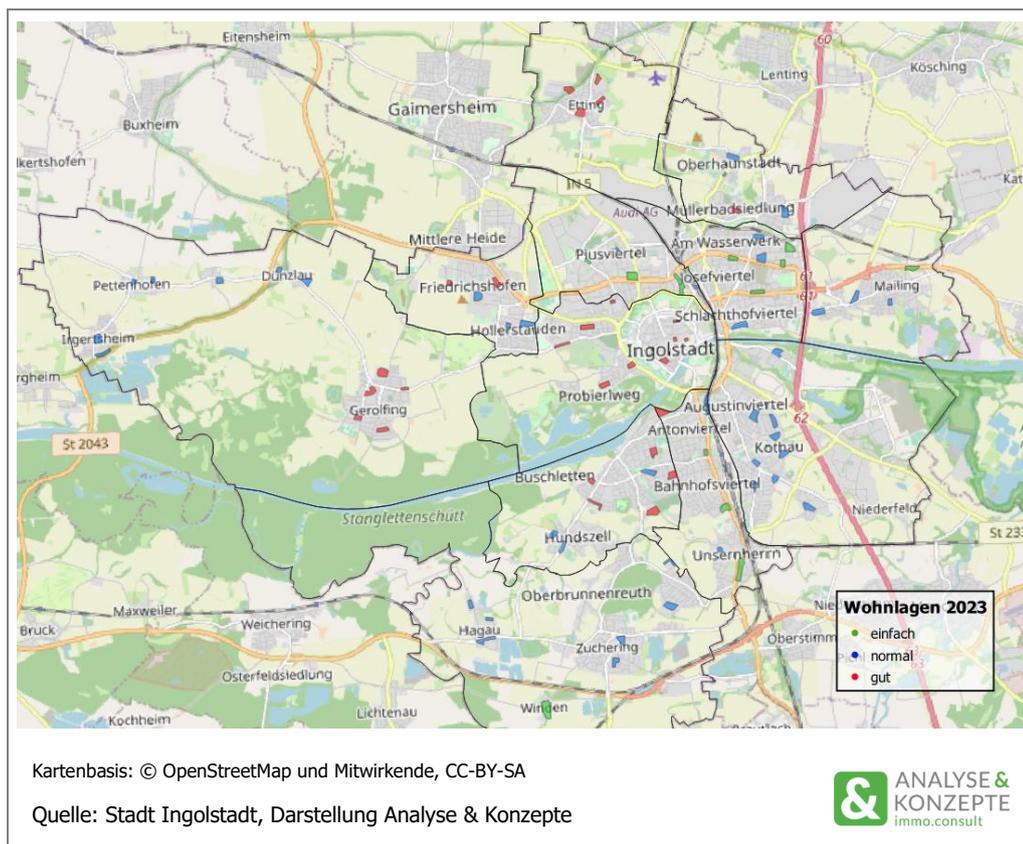
5 Bestimmung von Referenzgebieten

Um die einzelnen Indikatoren auf ihre Eignung und Bedeutung für die Wohnlagenberechnung zu testen und daraus die Berechnungsformel abzuleiten, wurden sogenannte Referenzgebiete bestimmt. Diese Gebiete bilden die Grundlage für die Berechnungsformel und sollten sich über das gesamte Stadtgebiet verteilen und damit die Vielfalt der Ingolstädter Mikrolagen widerspiegeln.

Zur Identifikation der Referenzgebiete wurde eine zufällige Auswahl aus den Ingolstädter Adressen gezogen. Die Referenzgebiete wurden im Mietspiegelarbeitskreis hinsichtlich der Wohnlageneinstufung abgestimmt.

Die Referenzgebiete umfassen insgesamt 1.416 Adressen. Davon weisen 445 Adressen eine einfache, 538 eine normale und 433 eine gute Wohnlage auf. Die Verteilung und Wohnlageneinstufung der Referenzgebiete ist in Abbildung 7 dargestellt.

Abb. 7 Karte Referenzgebiete mit Wohnlage 2023



6 Ermittlung der Formeln für die Wohnlagenzuordnung

Die Ermittlung der Wohnlagenformeln erfolgte unter der Prämisse, dass die abschließenden Berechnungsformeln im Ergebnis eine durch einen Indikatorenkatalog messbare Herleitung der Einstufung der Referenzgebiete liefert. Die Wohnlageneinstufung durch diese Berechnungsformeln wurden vom Arbeitskreis begutachtet und in begründeten Einzelfällen angepasst.

Im Folgenden werden zunächst die mithilfe einer ordinalen logistischen Regression ermittelten Berechnungsformeln erläutert. In einem anschließenden Kapitel werden die durch den Arbeitskreis angepassten Wohnlagen dargestellt.

6.1 Methodisches Vorgehen

Ziel der logistischen Regression ist es, eine abhängige Variable mithilfe der sogenannten unabhängigen Variablen zu erklären und somit einen Zusammenhang zwischen diesen herzustellen. In Abgrenzung zu der klassischen linearen Regression berücksichtigt die logistische Regression den diskreten Charakter einer abhängigen Variable. In der Folge kann in Abhängigkeit eines Vektors unabhängiger Variablen $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ die Wahrscheinlichkeit modelliert werden, dass eine zu erklärende dichotome Variable y den Wert 1 annimmt:

$$P(Y = 1|X = x) = \text{logit}^{-1}(\beta_0 - x^T \beta) = \frac{\exp(\beta_0 - x^T \beta)}{1 + \exp(\beta_0 - x^T \beta)}$$

Hierbei stellt $\beta_0 \in \mathbb{R}$ den Intercept und $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n)^T$ mit $\beta \in \mathbb{R}^n$ den Vektor der Regressionskoeffizienten dar. Ausgehend von diesem Modell kann bei Vorliegen einer abhängigen ordinalskalierten Variable mit mehr als zwei Merkmalsausprägungen die ordinale logistische Regression angewendet werden.

In die Regressionsanalyse zur Ermittlung der Wohnlagenformeln geht als abhängige Variable die ordinalskalierte Wohnlageneinstufung in den Ausprägungen „einfach“, „normal“ und „gut“ für die Referenzgebiete ein. Die unabhängigen Variablen bilden die in das Modell einfließenden Wohnlagen-Indikatoren der Referenzgebiete.

Somit liegen dem Regressionsmodell folgende Gleichungen zugrunde, deren Regressionskoeffizienten β und die zugehörigen Intercepts β_0^e und β_0^{en} es zu ermitteln gilt:

$$(1) \text{logit}(P(Y = \text{einfach})) = \beta_0^e - x^T \beta$$

$$\Rightarrow P(Y = \text{einfach}) = \text{logit}^{-1}(\beta_0^e - x^T \beta)$$

$$(2) \text{logit}(P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal})) = \beta_0^{en} - x^T \beta$$

$$\Rightarrow P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal}) = \text{logit}^{-1}(\beta_0^{en} - x^T \beta)$$

Daraus lässt sich unter Verwendung von $P(Y = \text{einfach}) + P(Y = \text{normal}) + P(Y = \text{gut}) = 1$ ableiten:

$$(3) P(Y = \text{normal}) = P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal}) - P(Y = \text{einfach})$$

$$(4) P(Y = \text{gut}) = 1 - P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal})$$

Nachdem anhand des beschriebenen Vorgehens die Baublockseiten und die dazugehörigen Indikatoren mit den Wahrscheinlichkeiten $P(Y = \text{einfach})$, $P(Y = \text{normal})$, $P(Y = \text{gut})$ in Beziehung gesetzt wurden, kann die Wohnlage y^* einer Baublockseite bestimmt werden:

$$y^* = \arg \max (P(Y = y_i)) \quad \text{mit } y_i \in \{\text{einfach, normal, gut}\}$$

Der abschließenden Festlegung eines finalen Modells und einer damit verbundenen Identifikation von Indikatoren, die in eine Beziehung mit den Wohnlageneinstufungen gestellt werden, ging die Prüfung von verschiedenen Modellen und Merkmalskombinationen voraus.

Dabei wurden folgende Anforderungen zugrunde gelegt:

- Replizierung möglichst vieler Referenzgebietseinstufungen.
- Signifikanter Einfluss auf die Wohnlageneinstufung der in das Modell einfließenden Indikatoren.
- Das „Akaike-Informationskriterium“ und die „Deviance Residuals“ sollten möglichst gering ausfallen.
- Keine Korrelation unter den Indikatoren, die in den Wohnlagenformeln berücksichtigt werden.

Im Ergebnis liegt den Wohnlagenformeln das folgende Regressionsmodell zugrunde:

6.2 Ergebnis der Regressionsrechnung

Tab. 2 Regressionsmodell			
Indikator	Koeffizient	Standardfehler	t-Wert
Bodenrichtwert	0,011	0,000	22,125
Grünflächenanteil	0,027	0,012	2,313
Gewerbeanteil	-0,310	0,017	-18,077
Lärmbelastung	-0,031	0,003	-9,183
Entfernung Hauptzentrum	0,524	0,122	4,313
Entfernung Westpark	-0,593	0,072	-8,197
Entfernung Manchinger Str.	-0,027	0,072	-0,383
Anzahl Schulen und Kitas	-0,172	0,033	-5,210
Apotheke vorhanden	1,155	0,168	6,871
einfach normal	4,413	0,003	1759,995
normal gut	8,932	0,198	45,150

Quelle: Wohnlagenberechnung 2023



Die Residual Deviance beträgt 1414,69 und das Akaike-Informationskriterium 1436,69.

Es konnten 75 % der Referenzeinstufungen repliziert werden. Tabelle 3 gibt einen Überblick darüber, in welchem Verhältnis die Einstufung der Referenzgebiete durch den Arbeitskreis zu der Modellierung durch die logistische Regression steht:

Tab. 3 Wohnlageneinstufung im Arbeitskreis und nach Berechnung			
Einstufung durch das Modell →	einfach	normal	gut
Bewertung durch den Arbeitskreis ↓			
einfach	311	134	0
normal	111	376	51
gut	0	60	373

Quelle: Wohnlagenberechnung 2023 

Die Multikollinearität wurde mittels VIF (Variance Inflation Factor) der Indikatoren überprüft und konnte verneint werden.

Einsetzen der Regressionskoeffizienten und der entsprechenden Intercepts in die in Abschnitt 6.1 dargelegten Gleichungen liefert folgende Wohnlagenformeln:

$$\text{logit } P(Y = \text{einfach}) = 4,413 - [$$

$$(0,011 \cdot \text{Bodenrichtwert}) + (0,027 \cdot \text{AnteilGrün250})$$

$$+(-0,310 \cdot \text{AnteilGewerbe1000}) + (-0,031 \cdot \text{LärmMax})$$

$$+(0,524 \cdot \text{DistanzHauptzentrum}) - (0,593 \cdot \text{DistanzWestpark})$$

$$+(-0,027 \cdot \text{DistanzManchingerStr}) + (-0,172 \cdot \text{AnzahlBildung750})$$

$$+(1,155 \cdot \text{Apotheken750})]$$

$$P(Y = \text{einfach}) = \text{logit}^{-1} P(Y = \text{einfach})$$

$$\text{logit } P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal}) = 8,932 - [$$

$$(0,011 \cdot \text{Bodenrichtwert}) + (0,027 \cdot \text{AnteilGrün250})$$

$$+(-0,310 \cdot \text{AnteilGewerbe1000}) + (-0,031 \cdot \text{LärmMax})$$

$$+(0,524 \cdot \text{DistanzHauptzentrum}) + (-0,593 \cdot \text{DistanzWestpark})$$

$$+(-0,027 \cdot \text{DistanzManchingerStr}) + (-0,172 \cdot \text{AnzahlBildung750})$$

$$+(1,155 \cdot \text{Apotheken750})]$$

$$P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal}) = \text{logit}^{-1} P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal})$$

$$P(Y = \text{normal}) = P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal}) - P(Y = \text{einfach})$$

$$P(Y = \text{gut}) = 1 - P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal})$$

Die Berechnung einer konkreten Wohnlage wird auf der Folgeseite an einem Beispiel dargestellt.

6.3 Zuordnung der Wohnlagen

Die Zuordnung der Wohnlage erfolgt im nächsten Schritt anhand der im vorigen Abschnitt vorgestellten Wohnlagenformel berechneten Wahrscheinlichkeiten. Einer Blockseite wird die Wohnlage zugewiesen, für die die höchste Wahrscheinlichkeit berechnet wurde.

Beispiel: Anwendung der Wohnlagenformeln

Für die Anwendung der Wohnlagenformeln müssen für die einzelnen Indikatoren die Beträge entsprechend der Erläuterungen in Kapitel 4.1 in die Formel eingesetzt werden. Beispielhaft ist dies im Folgenden für die Blockseite Goethestraße 119-141 (ungerade) dargestellt:

Berechnung der Wohnlage

Wahrscheinlichkeit der einfachen Wohnlageneinstufung:

$$\begin{aligned}
 \text{logit } P(Y = \text{einfach}) &= 4,413 && (\text{Intercept}) \\
 &- [(0,011 \cdot 980) && (\text{Bodenrichtwert}) \\
 &+ (0,027 \cdot 0) && (\text{AnteilGrün250}) \\
 &+ (-0,310 \cdot 20,66) && (\text{AnteilGewerbe}) \\
 &+ (-0,031 \cdot 57,27) && (\text{LärmMax}) \\
 &+ (0,524 \cdot 2,49) && (\text{DistanzHauptzentrum}) \\
 &+ (-0,593 \cdot 5,29) && (\text{DistanzWestpark}) \\
 &+ (-0,027 \cdot 3,82) && (\text{DistanzManchingerStr}) \\
 &+ (-0,172 \cdot 6,36) && (\text{AnzahlBildung750}) \\
 &+ (1,155 \cdot 1) && (\text{Apotheken750}) \\
 &\approx 4,02
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow P(Y = \text{einfach}) = \text{logit}^{-1}(4,02) = \frac{\exp(4,02)}{1 + \exp(4,02)} \approx 98,24 \%$$

Wahrscheinlichkeit der normalen Wohnlageneinstufung:

$$\begin{aligned}
 \text{logit } P(Y = \text{einfach} \vee Y = \text{normal}) &= 8,932 && (\text{Intercept}) \\
 &- [(0,011 \cdot 980) && (\text{Bodenrichtwert}) \\
 &+ (0,027 \cdot 0) && (\text{AnteilGrün250}) \\
 &+ (-0,310 \cdot 20,66) && (\text{AnteilGewerbe}) \\
 &+ (-0,031 \cdot 57,27) && (\text{LärmMax}) \\
 &+ (0,524 \cdot 2,49) && (\text{DistanzHauptzentrum}) \\
 &+ (-0,593 \cdot 5,29) && (\text{DistanzWestpark}) \\
 &+ (-0,027 \cdot 3,82) && (\text{DistanzManchingerStr}) \\
 &+ (-0,172 \cdot 6,36) && (\text{AnzahlBildung750}) \\
 &+ (1,155 \cdot 1) && (\text{Apotheken750}) \\
 &\approx 8,54
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow P(Y = \text{normal}) = \text{logit}^{-1}(8,54) - P(Y = \text{einfach}) \approx 1,74 \%$$

Wahrscheinlichkeit der guten Wohnlage:

$$\Rightarrow P(Y = \text{gut}) = 1 - P(Y = \text{einfach}) - P(Y = \text{normal}) \approx 0,02 \%$$

Da die einfache Wohnlage die höchste Wahrscheinlichkeit aufweist, wird die Blockseite Goethestraße 119-141 (ungerade) der einfachen Wohnlage zugeordnet.

Abb. 8 Lage der Goethestraße 119-141 in Ingolstadt



Mithilfe der Regressionsanalyse konnten 75 % der Wohnlageneinstufungen der Referenzgebiete repliziert werden. Dabei wurden 13 % der Referenzgebiete hochgestuft, 12 % wurden abgestuft.

7 Anpassung der Wohnlagen durch den Arbeitskreis

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse wurden durch den Arbeitskreis begutachtet. Dabei zeigte sich, dass eine Wohnlagenumstufung einzelner Gebiete bzw. Blockseiten einvernehmlich als angemessen erachtet wurde. Diese Umstufungen wurden im Rahmen umfassender Einzelbetrachtungen der betroffenen Gebiete durch den Arbeitskreis durchgeführt und sind in Tabelle 4 dargestellt. Dabei wurden insbesondere Umfeldharmonisierungen und sogenannte „Grenzfälle“ berücksichtigt, d.h. Wohnlageneinstufungen, die auf Basis berechneter Wahrscheinlichkeiten erfolgten, welche nicht stark von 50% abweichen.

Tab. 4 Finale Umstufung durch den Arbeitskreis		
Gebiet	Wohnlage alt	Wohnlage neu
Am Auqraben	einfach	normal
Am Burgqraben	normal	gut
Am Fort	normal	gut
Am Hartweg	normal	einfach
Am Neubruch	normal	einfach
Am Speiselsaum	normal	einfach
Am Stadtweg	gut	normal
Anna-Hofmanin-Straße	normal	gut
Apianstraße	einfach	normal
Bauersfeldstraße	normal	einfach
Bayerstraße	normal	einfach
Beim Schmalzbuckel	normal	gut
Billingerstraße	normal	einfach
Braunbauergassl	normal	gut
Dachserstraße	gut	normal
Degenhartstraße	normal	gut
Dehmelstraße	gut	normal
Dünzlauer Straße	normal	gut
Efeustraße	normal	einfach
Eichenwaldstraße	normal	gut
Erasmusstraße	gut	normal
Fabriciusstraße	normal	einfach
Fauststraße 60-72c (nur gerade)	normal	gut
Feldlstraße	normal	gut
Feuerweg	gut	normal
Fliederstraße	gut	normal
Frühlingstraße	einfach	normal
Gaimersheimerstraße	gut	normal
Georg-Heiss-Straße	gut	normal
Gindlstraße	normal	einfach
Glockenstraße	normal	einfach

Tab. 4 Finale Umstufung durch den Arbeitskreis		
Gebiet	Wohnlage alt	Wohnlage neu
Görresstraße	normal	gut
Gotenstraße	normal	gut
Hadergasse	normal	einfach
Hagauer Straße	normal	gut
Heppstraße	normal	gut
Hohlweg	gut	normal
Hölderlinstraße	gut	normal
Im Schnabl	normal	gut
Johanniterstraße	normal	gut
Kaltnerstraße	normal	einfach
Kirchplatz	gut	normal
Klein-Salvator-Straße	einfach	normal
Klingensbergerstraße	normal	gut
Laimgrubenstraße	gut	normal
Langgasse	normal	gut
Luise-Löwenfels-Straße	normal	gut
Mehringer Weg	normal	einfach
Mercystraße	einfach	normal
Moosmüllerweg	normal	einfach
Nelly-Sachs-Straße	einfach	normal
Oberfeldstraße	normal	gut
Oberringstraße	normal	gut
Odilostraße	gut	normal
Ostergasse	gut	normal
Pfingstrosenstraße	normal	einfach
Prinz-Franz-Straße	einfach	normal
Prinz-Leopold-Straße	einfach	normal
Puttgasse	normal	gut
Rathstraße	normal	gut
Rechbergstraße	gut	normal
Reitergaßl	gut	normal
Saindlohstraße	gut	normal
Sandizeller Straße	normal	gut
Schergweg	gut	normal
Schlüterstraße	normal	gut
Schönbergstraße	normal	gut
Schrobenhausener Straße	normal	gut
Schwester-Euphemia-Straße	normal	gut
Seehoferstraße	gut	normal
Spielholzstraße	gut	normal
Stauffenberg Straße	einfach	normal
Steinmelkenstraße	normal	einfach

Tab. 4 Finale Umstufung durch den Arbeitskreis		
Gebiet	Wohnlage alt	Wohnlage neu
Stifterstraße	normal	einfach
Unsernherrner Straße	normal	einfach
Utzschneiderstraße	normal	einfach
Viehmarktplatz	einfach	normal
Wirffelstraße	einfach	normal

