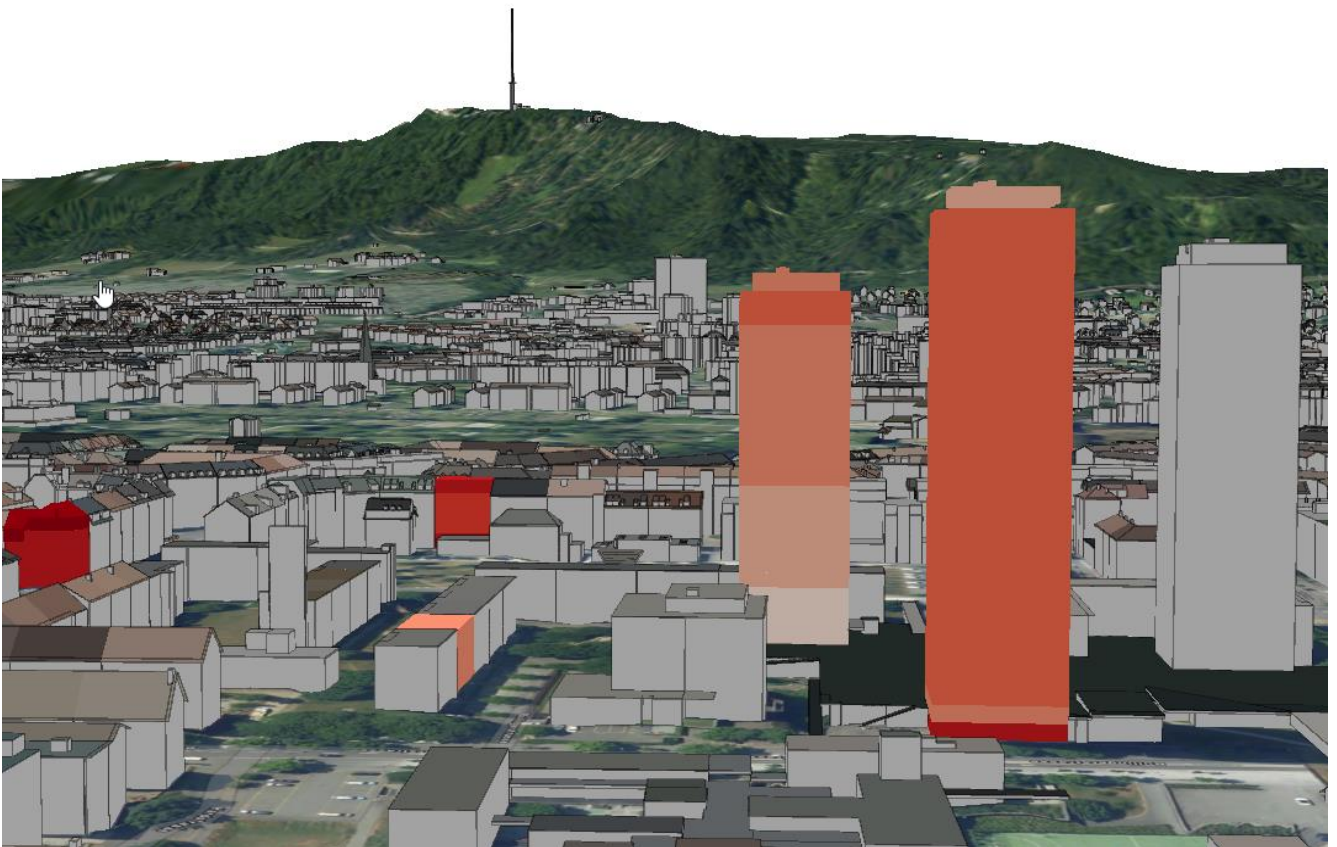


Auswirkung von Verkehrslärm auf den Preis von Mietwohnungen und Stockwerkeigentum

Schlussbericht 2019



Impressum

Herausgeberin

Analytics Immobilien, Zürcher Kantonalbank

Autoren

Andrea Horehájová, andrea.horehajova@zkb.ch
Ingrid Rappl, ingrid.rappl@zkb.ch
Emanuel Roos, emanuel.roos@zkb.ch
Jörn Schellenberg, joern.schellenberg@zkb.ch

Titelbild © Zürcher Kantonalbank

© Copyright 2019 by Zürcher Kantonalbank

Inhaltsverzeichnis

1 Management Summary	3	6.3 Lärmspezifikation	20
2 Rückblick	4	6.4 Schätzgenauigkeit	21
2.1 "Ruhe bitte!" 2011 und Studie 2012	4	7 Resultate	23
2.2 Lärmaggregat mit Priorisierung	4	7.1 Wohnungseigenschaften	23
3 Ausgangslage	4	7.2 Makrolage	24
3.1 sonBASE	4	7.3 Mikrolage	24
3.2 Fragestellung	5	7.4 Lärm	25
4 Lagefaktoren	6	7.5 Mobilfunkantennen	25
4.1 Lärmdaten	6	7.6 Robustheit	26
4.2 Mobilfunkanlagen	7	8 Lagerating	27
4.3 Mikrolage	7	8.1 Preis-Modell	27
4.4 Makrolage	8	8.2 Preiseffekte Lagerating	27
5 Angebotsdaten aus homegate.ch	10	8.3 Karten Lagerating Mikrolage	27
5.1 Verortung	10	8.4 Verteilung Lageeffekte	32
5.2 Bereinigung	11	8.5 Preiseffekt Mikrolage und individueller Lärmwert	34
5.3 Lärmverteilung Homegate	14	9 Datenlieferung	35
5.4 Altersverteilung Homegate	17	10 Literaturverzeichnis	36
6 Modell	18	11 Anhang	36
6.1 Einschlusskriterien	18		
6.2 Modellspezifikation	20		

1 Management Summary

Verkehrslärm hat einen Einfluss auf den Preis von Mietwohnungen und Stockwerkeigentum. Bei Verkaufsobjekten ist der Effekt von Strassenlärm und Bahnlärm deutlich höher als bei Mietwohnungen. Dabei macht es keinen Unterschied, ob mit dem genaueren Etagen-Lärm oder mit gebäudespezifischen Lärmwerten modelliert wird. Für jedes zusätzliche Dezibel Strassenlärm über 50 dB ist für die Miete ein Preisabschlag von 0.16% zu erwarten, bei Stockwerkeigentum beträgt die erwartete Reduktion 0.43%. Der Preisabschlag von Bahnlärm hat mit 0.16% (Miete) und 0.46% (Verkauf) pro Dezibel eine ähnliche Grösse. Fluglärm korrespondiert bei Mietwohnungen mit einer Preisminderung von 0.2% (Zürich) bzw. 0.26% (Genf) pro Dezibel. Bei Stockwerkeigentum kann der Fluglärm einfluss nur im Kanton Zürich geschätzt werden, mit 0.18% Preisabschlag pro Dezibel ist der Wert sehr ähnlich.

Die Nähe zu einem Park lässt in der Stadt einen Preisaufschlag von 2.8% (Miete) resp. 3.5% (Verkauf) erwarten, in geringem Masse hat auch die Nähe zum Wald einen positiven Effekt. Seelage liefert einen deutlichen Preisaufschlag von 8.8% (Miete) resp. 16.5% (Verkauf). Andere Erholungsgebiete haben keinen Preiseffekt gezeigt. Für die Nähe zu Mobilfunkantennen konnten wir keine Preisminderung nachweisen.

2 Rückblick

2.1 "Ruhe bitte!" 2011 und Studie 2012

Die erste Studie "Ruhe bitte!" der Zürcher Kantonalbank (ZKB) über den Einfluss von Lärm auf die Mietpreise wurde im Juni 2011 veröffentlicht. Damals wurden rund 635'000 Mietwohnungsinserate aus den Jahren 2002 bis 2010 analysiert. Für die Schätzung des Modells wurde eine lineare Regression verwendet. Im Juli 2012 wurde ein entsprechendes hedonisches Modell für Stockwerkeigentum entwickelt und das Mietmodell aktualisiert.

Der gemessene Effekt von Lärm auf die Mietpreise war über die beiden Jahre stabil. Für 10dB mehr Strassenlärm war gemäss der Studie von 2012 ein Preisabschlag von 2.1% zu erwarten. Der Effekt von Bahnlärm war mit 2.4% Preisabschlag pro 10dB nur leicht höher. Bei Stockwerkeigentum war der erwartete Preisabschlag deutlich höher. Hier war bei 10dB mehr Strassenlärm mit einem 6% niedrigeren Preis zu rechnen. Bei 10dB mehr Bahnlärm war ein 5% geringerer Preis zu erwarten. Die Tabelle 1 fasst die Preiseffekte von Verkehrslärm zusammen.

Preiseffekt Lärm	Variable und Transformation	Mietwohnung "Ruhe bitte" 6/2011	Mietwohnung Studie 7/2012	Stockwerkeigentum Studie 7/2012
Strassenlärm	Nachtlärm>40dB, Tageslärm>50dB	-0.19%	-0.21%	-0.59%
Bahnlärm	Nachtlärm>40dB, Tageslärm>50dB	-0.26%	-0.24%	-0.47%
Fluglärm	Tageslärm>50dB	-0.11%	-0.11%	

Tabelle 1: Übersicht Preiseffekte Lärm pro Dezibel aus den letzten Studien

2.2 Lärmaggregat mit Priorisierung

In den obigen hedonischen Modellen wird die Wirkung von Strassenlärm und Bahnlärm als unabhängig angenommen. Der Preisabschlag einer Lärmquelle hängt somit nur von der Lärmquelle selbst ab, das Niveau weiterer Lärmquellen spielt keine Rolle. Diese Annahme ist wohl vertretbar. Da die Korrelation von Strassenlärm und Bahnlärm zudem gering ist, liefert die Schätzung des Modells verlässliche und interpretierbare Koeffizienten für mehrere Lärmquellen. Anders ist die Situation bei den unterschiedlichen Pegeln einer Lärmquelle im Tagesablauf.

Da Tageslärm und Nachtlärm eine hohe Korrelation aufweisen, ist es aus statistischen Gründen nicht möglich den Einfluss beider Komponenten in einem Modell zu schätzen. In den obigen Studien haben wir daher ein Aggregat aus Tageslärm und Nachtlärm mit Priorisierung des Nachtlärms (PRIO) gebildet. Aufgrund der Empfindlichkeitsstufen der Lärmschutzverordnung (LSV) für Wohnräume wurde der Grenzwert für Tageslärm bei 50 dB, für Nachtlärm bei 40 dB festgelegt. Lärmwerte unter diesen Grenzwerten hatten somit keinen Einfluss auf den Mietpreis.

$$\begin{aligned} &\text{falls } \text{Lärm}_{\text{Nacht}} > 40 \text{ dB, dann } \text{Lärmaggregat} = \text{Lärm}_{\text{Nacht}} - 40 \text{ dB} \\ &\text{sonst falls } \text{Lärm}_{\text{Tag}} > 50 \text{ dB, dann } \text{Lärmaggregat} = \text{Lärm}_{\text{Tag}} - 50 \text{ dB} \\ &\text{sonst } \text{Lärmaggregat} = 0 \end{aligned}$$

3 Ausgangslage

3.1 sonBASE

sonBASE ist eine Datenbank, die für die Schweiz flächendeckend Geoinformationen zu den wichtigsten Lärmquellen beinhaltet. Die Daten werden vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) erarbeitet. Die erste flächendeckende Berechnung von Strassenlärm und Eisenbahnlärm für die Schweiz wurde 2008 durchgeführt. Die zweite flächendeckende Strassenverkehrswertberechnung ist im Jahr 2012 erfolgt. Im Jahr 2017 wurde eine weitere Berechnung von Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm durchgeführt.

3.2 Fragestellung

Seit der Veröffentlichung der letzten Studie im Jahr 2012, hat das BAFU die Lärmmodelle bedeutend weiterentwickelt. Strassenlärm und Bahnlärm stehen nun für jede Fassade und jede Etage aller Gebäude mit grosser Genauigkeit zur Verfügung. Je nach Überbauung der Umgebung nimmt die Abschirmung vom Strassenlärm mit zunehmender Etage ab oder zu. Welche neuen Erkenntnisse bringen die neuen detaillierten 3-dimensionalen Lärmdaten? Zur Klärung dieser Frage hat das BAFU die Zürcher Kantonalbank im Februar 2019 angefragt, das im Rahmen der letzten Studie entwickelten Lagerating zu aktualisieren. Zusätzlich zum aktualisierten Lagerating sollten folgende spezifische Fragestellungen des BAFU beantwortet werden:

- Wie hoch ist der Einfluss von Verkehrslärm auf den Mietpreis oder den Preis von Stockwerkeigentum?
- Hat die Nähe zu öffentlichen Erholungsgebieten (Nähe Wasser, Parks, Wald, etc.) einen Einfluss auf den Preis und falls ja, wie hoch ist dieser?
- Hat die Nähe zu Mobilfunkantennen einen Einfluss auf den Preis?

Alle Fragen betreffen den Themenbereich der Mikrolage im hedonischen Modell.

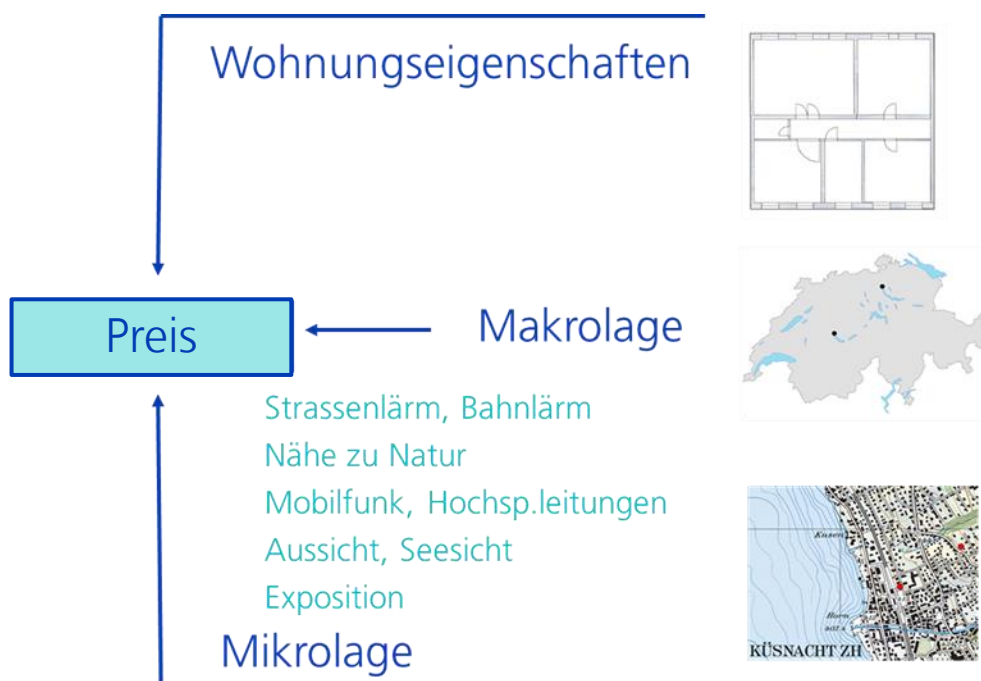


Abbildung 1: Hedonische Methode

4 Lagefaktoren

4.1 Lärmdaten

Die aktuelle flächendeckende Lärmberechnung des BAFU wurde im Jahr 2017 durchgeführt. Basis für die Lärmausbreitung innerhalb der Siedlungen sind die Bauten der swissBUILDINGS3D 2.0 vom April 2019. Die Gebäude werden von Swisstopo in einem Nachführungszyklus von 6 Jahren kontinuierlich aktualisiert. Somit werden jährlich ca. 17% der Gebäude der Schweiz auf Basis von Laserscanning-Befliegungen neu erfasst. Fehlende Gebäude hat das BAFU zum Teil mit Daten aus swissTLM3D 1.7 ergänzen können, die ebenfalls im Sechsjahreszyklus aktualisiert werden. In keinem der beiden Datensätze vorhandene Neubauten können aufgrund fehlender Lärmdaten in den Modellen von Preisen und Mieten nicht berücksichtigt werden.

Die Lärmdaten liegen dem BAFU für ein regelmässiges Punktnetz entlang der Gebäudefassaden vor. Da in den Immobilieninseraten lediglich die Etage, nicht jedoch die exakte Position einer Wohnung auf einer Etage bekannt ist, wurden die einzelnen Fassadenpunkte zu Etagenwerten aggregiert. Wohnungen auf derselben Etage eines Gebäudes haben in den Modellen von Mieten und Preisen dieselben Lärmwerte. Für jede Etage aller Gebäude der Schweiz stehen die Mittelungspegel Leq sowie die Beurteilungspegel Lr von Strassen-, Bahn- und Fluglärm gemäss der Lärmschutz-Verordnung zur Verfügung. Beide Masse werden jeweils über die Tag-, Abend- und Nachtstunden unterschiedlich aggregiert zu Mittelwert, Median, Maximum oder Minimum. Die tageszeitspezifischen Mittelungspegel werden ausserdem gemäss der Richtlinie des europäischen Parlaments vom 2002 zu einem Tag-Abend-Nacht-Pegel L_{den} zusammengefasst (siehe Literaturverzeichnis 10).

$$L_{den} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

Lärm am Abend und in der Nacht kommt dabei eine höhere Bedeutung zu als Lärm in den Tagesstunden. Das wird mit einem Zuschlag von 5 dB resp. 10 dB abgebildet. Die Gewichtung der einzelnen Lärmbestandteile entspricht der Anzahl der betroffenen Stunden.

Die swissBUILDINGS3D und damit die Lärmdaten erhielten als Schlüssel den eidg. Gebäudeidentifikator (EGID) über eine räumliche Verschneidung mit den Adresspunkten des eidg. Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR) in maximal zwei Meter-Entfernung zum Gebäude.

Entscheidend für den Lärm ist in erster Linie die Lage des Gebäudes. Die Varianz zwischen den Etagen innerhalb eines Gebäudes ist gering, wie das Beispiel der in der Abbildung 2 dargestellten Hardau-Hochhäuser und einzelner Gebäude im Umfeld zeigt.

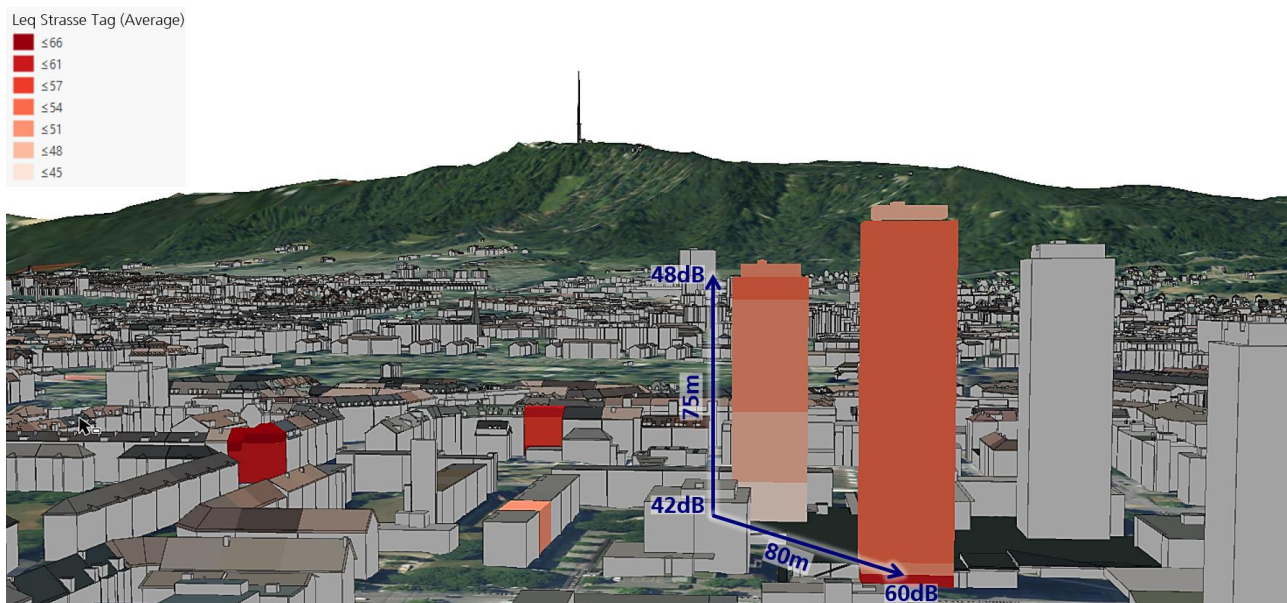


Abbildung 2: Beispiel dreidimensionaler Lärm anhand von fünf Gebäuden

4.2 Mobilfunkanlagen

Das Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) weist in der Schweiz die Mobilfunkanlagen der Dienste GSM, LTE oder UMTS in verschiedenen Leistungsklassen aus. Bei der Sendeleistung werden 4 Klassen von sehr klein (unter 10 W) bis gross (über 1 kW) unterschieden. Anlagen desselben Dienstes, welche weniger als 20 Meter auseinander liegen, wurden zu einer Anlage mit entsprechender Summenleistung zusammengefasst. Zu 5G-Anlagen gibt es zum Stichtag noch keine Angaben.

4.3 Mikrolage

Verschiedene auf kurzer Distanz stark veränderliche Umweltfaktoren beschreiben im Modell die Mikrolage eines Miet- oder Verkaufsobjekts. Dazu gehören einerseits preisrelevante Eigenschaften der Topologie wie Hangneigung und Exposition, andererseits positive Lagefaktoren wie Seesicht und Nähe zu Erholungsgebieten. Wir haben eine Vielzahl von kleinräumigen Umweltfaktoren geprüft. Die folgenden Lageeigenschaften haben einen signifikanten Einfluss auf den Mietpreis oder Angebotspreis einer inserierten Wohnung.

	Datenquelle
Distanz Hochspannungsleitung	Swisstopo swissTLM 3D, TLM_VERSORGUNGS_BAUTE_LIN "Hochspannungsleitung"
Seelage	Swisstopo swissTLM 3D, TLM_Bodenbedeckung, "Stehende Gewässer", Fläche $\geq 1\text{km}^2$, Distanz $< 100\text{m}$
Seesicht	
Bergsicht	
Exposition	Ernst Basler Partner (EBP)
Hangneigung	
Distanz Bahnlinie	Swisstopo swissTLM 3D, TLM_EISENBAHN, nur Bahn (nicht Tram, Metro), keine Brücken/Unterführungen, Linie in Betrieb
Distanz Park	Swisstopo swissTLM 3D, TLM Nutzungsareale "Öffentl. Parkareal" oder "Schrebergartenareal" Swisstopo swissTLM 3D, TLM Bodenbedeckungen "Wald" oder "Wald offen", Fläche $< 1\text{ha}$
Distanz Wald	Swisstopo swissTLM 3D, TLM Bodenbedeckung "Wald" oder "Wald offen", Fläche $\geq 1\text{ha}$

Tabelle 2: Datenquellen Mikrolage

Die Seesicht entspricht der theoretischen Sicht auf stehende Gewässer mit einer Fläche grösser als 0.02 km^2 . Es werden Gewässer mit einer maximalen Distanz bis zu 10 km zum Standort in Betracht gezogen. Mit der Bergsicht werden die Anzahl sichtbarer Berggipfel gemessen. Berücksichtigt werden die höchsten oder dominantesten Gipfel der Schweiz gemäss dem schweizerischen Gipfelverzeichnis. Es wird eine Aussichtshöhe von 2 m über Grund und eine maximale Sichtweite von 120 km angenommen. Meteorologische Einschränkungen sowie Gebäude und Vegetation werden nicht berücksichtigt.

Die Hangneigung hat einerseits einen Einfluss auf die Baukosten und somit auf Eigentumspreise bzw. Mieten. Andererseits können über die Hangneigung und die Exposition besonders gute Hanglagen wie Süd-/Südwestlagen definiert werden. Die Exposition gibt die Lage eines Hanges in Bezug auf die Flächennormale an. Beliebte Ausrichtungen gegen Süden, Südwesten und Westen, was Expositionsrichtungen zwischen 157.5° Grad und 292.5° Grad entspricht.

4.4 Makrolage

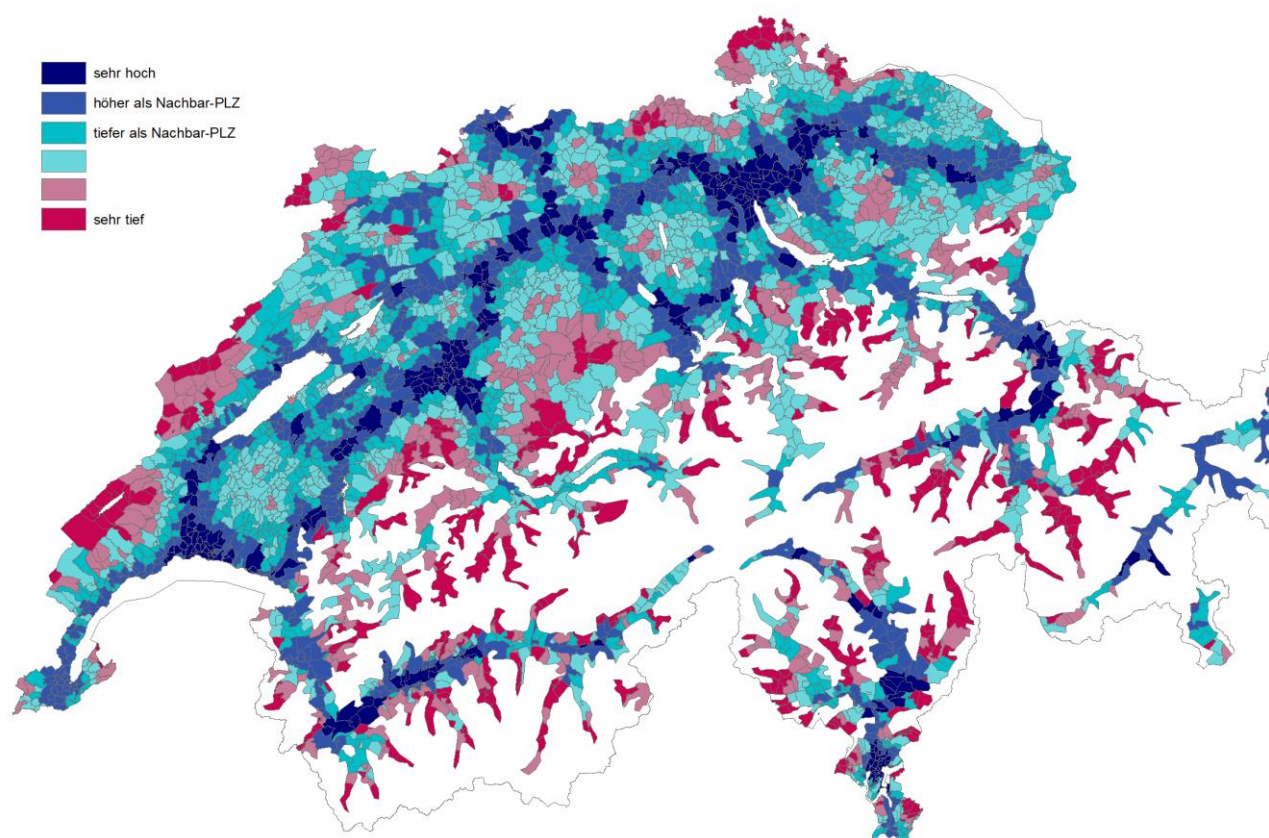
Die Makrolage beschreibt die Lage einer Immobilie im grossräumigen Kontext. Wichtige Aspekte der Makrolage sind Zentralität, Wohlstand und Steuerattraktivität. Der Steuerertrag liefert einen Hinweis auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der in einer Gemeinde wohnhaften Personen. Bezogen auf das steuerbare Einkommen erhalten wir ein für alle Gemeinden vergleichbares Wohlstandsmass. Als Qualitätspotential der lokalen Infrastruktur, wie Kulturangebot, Sportanlagen oder Einkaufsmöglichkeiten, verstanden, ist ein positiver Einfluss auf den Preis zu erwarten. Die Steuerbelastung wiederum korrespondiert mit der steuerlichen Attraktivität eines Wohnortes. Eine niedrigere Belastung führt zu einem grösseren verfügbaren Einkommen. Die Möglichkeit und die Bereitschaft ein höheres Preisniveau zu akzeptieren nimmt also zu. Für das Erreichbarkeitspotential werden die Arbeitsplätze im Umkreis eines Hektars aufsummiert. Arbeitsplätze, die mit motorisiertem Individualverkehr (MIV) schneller erreichbar sind, erhalten ein höheres Gewicht. Beim relativen Erreichbarkeitspotential eines PLZ-Gebiets werden die entsprechenden Hektare aufsummiert und mit benachbarten PLZ-Gebieten verglichen. Lokale Zentren, auch wenn sie aus gesamtschweizerischer Sicht wenig Bedeutung haben, können also einen Preisaufschlag für sich beanspruchen (siehe Karte 1).

	Datenquelle
Steuerertrag Erwerbstätige	Eidgenössische Steuerverwaltung (ESTV)
Steuerbares Einkommen Erwerbstätige	Direkte Bundessteuer, Steuerperiode 2015
Steuerbelastung	Eidgenössische Steuerverwaltung (ESTV) Steuerbelastung durch Kantons-, Gemeinde- und Kirchensteuern in Prozent des Bruttoeinkommens 2017
Reisezeit zum nächsten Grosszentrum mit ÖV	SBB Fahrplandaten
Erreichbarkeitspotential von Arbeitsplätzen via MIV (relativ)	Routingnetz WIGeoGIS Statistik der Unternehmensstruktur, Bundesamt für Statistik (BFS)
Touristische Gemeinde	Bundesamt für Statistik (BFS)

Tabelle 3: Datenquellen Makrolage

Bei der Steuerbelastung werden die Haushaltstypen "ledig", "Verheirateter Alleinverdiener ohne Kinder" und "Verheirateter Alleinverdiener mit 2 Kindern" und die drei Bruttoeinkommen 50'000, 100'000 und 200'000 Franken berücksichtigt. Aggregiert werden diese Kennzahlen zur durchschnittlichen Steuerbelastung lediger Personen und von Haushalten mit niedrigem Einkommen.

Das höchste relative Erreichbarkeitspotential weist das PLZ-Gebiet 3012 Bern auf. Generell ist rund um die Städte und entlang der Verkehrsachsen das Erreichbarkeitspotential sehr hoch. Jedoch fallen auch kleinere lokale Zentren auf. In Genf und Umgebung scheint kein Gebiet die benachbarten so stark zu übertreffen wie das beispielsweise in Lausanne der Fall ist.



Karte 1: Erreichbarkeitspotential von Arbeitsplätzen (relativ)

5 Angebotsdaten aus homegate.ch

5.1 Verortung

Die Eigenschaften der inserierten Objekte sind im hedonischen Modell die wichtigsten Einflussfaktoren für den Preis. Da aber auch der Standort einer Wohnung einen Einfluss auf den Preis hat, werden die Homegate Inserate mit Faktoren der Makrolage und Mikrolage angereichert. Die Verknüpfung erfolgt auf unterschiedliche Weise. Bei Makrolagefaktoren wie Steuerbelastung und Steuerertrag erfolgt die Verknüpfung über die Gemeinde, bei den Mikrolagefaktoren ist meist die Kenntnis der genauen Adresse also der Koordinaten erforderlich. Die Lärmdaten des BAFU liegen pro Eidgenössische Gebäudenummer EGID und Eingangsnummer EDID differenziert nach Etage vor. Für eine Anreicherung der Homegate Inserate mit Makrolage und Mikrolagefaktoren werden also verschiedene Schlüsselfelder gebraucht. Ein Schlüssel für die exakte Lage des Objekts anhand der Adressen und ein weiterer Schlüssel für die exakte Zuweisung des Objekts zu der eidgenössischen Gebäude- und Eingangsnummer (EGID und EDID) anhand des eidg. Gebäude und Wohnungsregisters (GWR).

Faktor	Schlüssel
Steuerbelastung	Gemeinde
Steuerertrag pro steuerbares Einkommen	
Reisezeit	
Erreichbarkeitspotential	PLZ
Mobilfunkantennen	Adresse, Koordinate
Hochspannungsleitungen	
Park, Wald	
Seelage	Koordinate 25 Meter
Hangneigung	
Exposition	
Seesicht, Bergsicht	
Lärmdaten BAFU Gebäude	EGID & EDID
Lärmdaten BAFU Etage	EGID & EDID & Etage

Tabelle 4: Verortung

Im hedonischen Modell können somit nur Homegate Inserate, die eine exakte Adresse haben und einem Eingang des GWR zugewiesen werden können, berücksichtigt werden. Bei 85% der Mietwohnungen ist die Adress-Qualität so gut, dass sie exakt verortet werden können und die EGID/EDID bekannt ist. Bei 5% dieser Objekte findet man jedoch keine entsprechende Gebäudenummer in den BAFU-Lärmdaten.

Beim Stockwerkeigentum ist lediglich für 27% der Inserate die exakte Adresse und die EGID/EDID bekannt. Bei 14% dieser Inserate findet man keine Entsprechung in den BAFU-Lärmdaten. Somit stehen für das Modell nur noch knapp ein Viertel der ursprünglichen Inserate zur Verfügung.

	Mietwohnungen	Stockwerkeigentum
exakte Adresse	86%	29%
EGID/EDID gemäss GWR	85%	28%
exakte Adresse & EGID/EDID (GWR)	85%	27%
für Modell geeignet:		
exakte Adresse & EGID/EDID (GWR) & EGID (BAFU)	80%	23%

Tabelle 5: Anteil Verortete Inserate

Dass trotz exakter Adresse viele Inserate nicht mit den BAFU Lärmdaten verknüpft werden können, liegt an den unterschiedlichen Datenständen. Während die BAFU Lärmdaten die EGID (und EDID) über eine räumliche Verschneidung der swissBUILDINGS3D mit den GWR-Adresspunkten erhalten (siehe Abschnitt 4.1), wurde die EGID der Inserate über einen Vergleich der Adressen von Inserat und GWR-Daten ermittelt.

5.2 Bereinigung

Für die Modellierung müssen die Inserate in allen Variablen Werte aufweisen. Ein Teil der Daten ist jedoch unvollständig oder wurde fehlerhaft ausgefüllt. Grundsätzlich wollen wir so wenige Beobachtungen wie möglich aus der Analyse ausschliessen. Die Datenbereinigung hat daher einen hohen Stellenwert in der Aufbereitung der Daten.

Die Bereinigung der Homegate Inserate umfasst:

- Korrektur von (angenommen falschen) Werten
- Imputation fehlender Werte
- Einschlusskriterien Modell (Festlegung der Ausreisser)

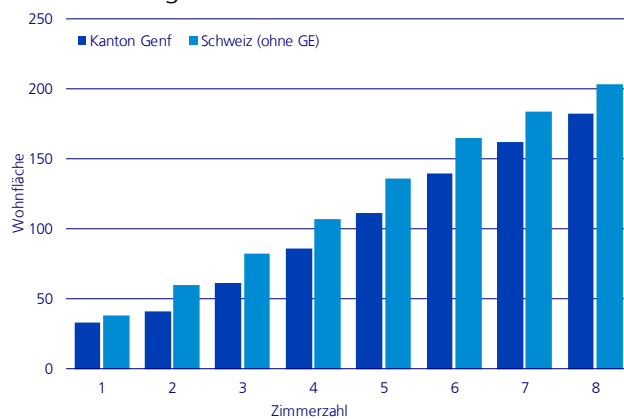
Als Ausreisser oder Extremwerte werden Werte bezeichnet, die weit vom Mittelwert entfernt liegen. Diese Werte haben einen grossen Einfluss auf die Schätzung der Koeffizienten im Modell, was auch auf Kosten der Modellgüte der mittleren Objekte gehen kann. Das ist nicht wünschenswert. Auch wenn die Extremwerte und Ausreisser nicht falsch sind, werden sie daher im Modell nicht berücksichtigt. Beschrieben werden die Einschlusskriterien in Abschnitt 6.1.

Bereinigung Zimmer

Mehr als 10 Zimmer werden als nicht plausibel angesehen. Solche hohen oder fehlende Zimmerangaben werden ersetzt. Sinnvolle Zimmeranzahlen findet man möglicherweise im Titel des Inserats. Bei Vielfachen von 5 mag der Dezimalpunkt fehlen, so dass nicht 25 Zimmer, sondern 2.5 Zimmer gemeint sind. Fehlt die Zimmerangabe, wird sie aus der Wohnfläche imputiert. Dabei wird ermittelt, wie viele Zimmer Objekte mit einer ähnlichen Wohnfläche typischerweise haben. Bei genügend grosser Fallzahl wird nur innerhalb des betreffenden Kantons imputiert.

Eine besondere Korrektur ist im Kanton Genf angezeigt. In Genfer Mietwohnungsinseraten zählt die Küche zu den Zimmern. Berechnet man die durchschnittliche Wohnfläche pro Zimmeranzahl, fällt der Unterschied von Genf zur restlichen Schweiz auf. Die Wohnfläche in Genf befindet sich auf dem Niveau der kleineren Zimmerzahl der Schweiz. Bei den Mietinseraten in Genf wird daher ein Zimmer abgezogen. Bei Eigentumswohnungen ist dieser Unterschied weniger erkennbar (siehe Abbildung 3). Entsprechend wird die Korrektur nur für Mietwohnungsinserate vorgenommen.

Mietwohnung



Eigentumswohnung

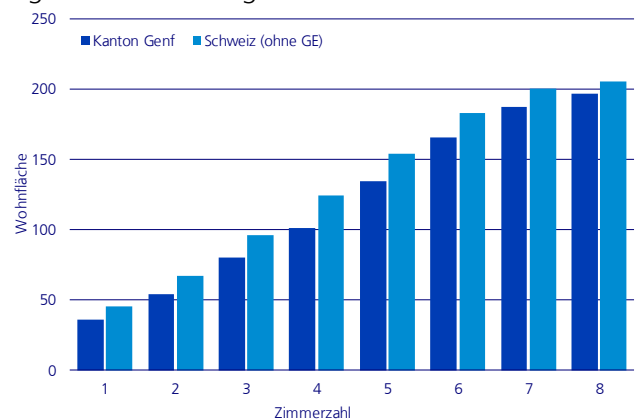


Abbildung 3: Vergleich Wohnfläche pro Zimmerzahl Kanton Genf und Schweiz

Wohnungseigenschaft	Werte	Bereinigung
Zimmeranzahl		
Korrektur	10<Zimmer<100	Textsuche im Titel oder Korrektur des Schreibfehlers
	Zimmer>100	Textsuche im Titel oder Imputation
	Zimmer Genf > 1	Abzug von einem Zimmer bei Mietinseraten
Imputation	missing	Textsuche in Titel
		Imputation aus Zimmerzahl der nächsten Median Wohnfläche im Kanton (falls Fallzahl > 100) oder in der Schweiz

Tabelle 6: Bereinigung der Zimmerzahl

Bereinigung Wohnfläche

Fehlt die Wohnfläche, wird sie aus der Zimmeranzahl imputiert. Dabei wird ermittelt, wieviel Wohnfläche Objekte mit der gleichen Zimmerzahl aufweisen. Bei genügend grosser Fallzahl beschränken wir uns auf den betreffenden Kanton.

Wohnungseigenschaft	Werte	Bereinigung
Wohnfläche		
Imputation	missing	Imputation aus Median Wohnfläche der entsprechenden Zimmeranzahl im Kanton (falls Fallzahl > 100) oder in der Schweiz

Tabelle 7: Bereinigung der Wohnfläche

Bereinigung Etage

Nur Etageangaben zwischen 0 und 25 werden verwendet. Ein Wert von -1 wird als Erdgeschoss interpretiert. Werte unter -1 oder über 25 werden als unplausibel angesehen. Unplausible oder fehlende Etageangaben werden, wenn möglich, aus dem Inserate-Titel oder der Beschreibung imputiert.

Wohnungseigenschaft	Werte	Bereinigung
Etage		
Korrektur	Etage = -1	Erdgeschoss
	Etage < -1	Textsuche im Titel oder Beschreibung
	Etage > 25	Textsuche im Titel oder Beschreibung
Imputation	missing	Textsuche im Titel oder Beschreibung

Tabelle 8: Bereinigung der Etage

Bereinigung Baujahr

Das im Inserat angegebene Baujahr wird nicht verwendet. Erfahrungsgemäss ist dieses Attribut unzuverlässig. Viele Mieter, die selbst auf der Suche nach einem Nachmieter sind, kennen das exakte Baujahr nicht. In manchen Fällen wird möglicherweise das Renovationsjahr angegeben. Stattdessen benutzen wir das Baujahr aus dem GWR, welches wir den genau verorteten Inseraten zuweisen.

Übersicht Imputationen und Korrekturen

Bei den Mietwohnungen wird die Wohnfläche am häufigsten imputiert. Beim Stockwerkeigentum betreffen die meisten Imputationen die Etageangabe.

Objekteigenschaft	Imputation	Imputation
	Mietwohnungen	Stockwerkeigentum
Zimmer	0.5%	1%
Wohnfläche	14%	4%
Etage	3%	8%

Tabelle 9: Anteile imputierte Inserate

Auch nach der Imputation fehlt bei 7% der Mietwohnungsinserate und 19% der Inserate von Stockwerkeigentum die Angabe der Etage. Für diese Objekte ist der Etagen-Lärm somit nicht bekannt. Im hedonischen Modell wird diesen Inseraten der Gebäude-Lärm zugewiesen.

5.3 Lärmverteilung Homegate

Für 37% der Inserate von Stockwerkeigentum gibt es keine entsprechenden Lärmdaten. Meist fehlt die Etagenangabe und kann auch nicht imputiert werden. Die Etagenangabe kann aber auch fehlerhaft sein oder aus Gründen der Datenaktualität in den Lärmdaten nicht vorhanden sein. Diesen Objekten kann nur gebäudespezifischer Lärm¹ zugewiesen werden. Bei den Mietwohnungen findet man für 17% der Inserate keine Entsprechung in den etagenspezifischen Lärmdaten. Für den Vergleich der Lärmbelastung von Mietwohnungen und Stockwerkeigentum wird daher der gebäudespezifische Lärm herangezogen.

Mietwohnungen sind von mehr Lärm betroffen als Stockwerkeigentum. Die Lage von Mietwohnungen weist beim Strassenlärm (LeqSDEN_average²) durchschnittlich 52 dB auf, bei Stockwerkeigentum liegt der Wert bei 50 dB. In Abbildung 4 links sieht man den grundsätzlichen Niveau-Unterschied³ von Mietwohnungen und Stockwerkeigentum. Der Unterschied von Gebäudelärm und Etagenlärm ist dagegen kaum sichtbar.

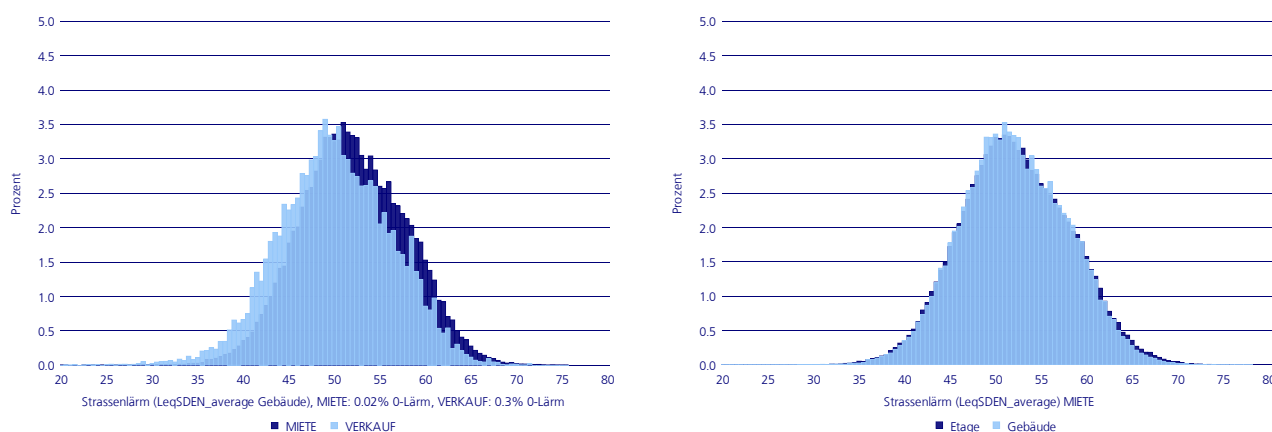


Abbildung 4: Verteilung Strassenlärm LEQDEN Mietwohnungen vs. Stockwerkeigentum, Gebäudelärm vs. Etagenlärm

Etwas anders liegt der Fall beim Bahnlärm (LeqBDEN_average). Auffällig sind die tieferen Dezibel-Werte beim Bahnlärm im Vergleich zum Strassenlärm (Abbildung 5 links). Nur 4% resp. 6% der Inserate haben Bahnlärm über der Grenze von 50dB. Ein Drittel des Stockwerkeigentums ist sogar überhaupt nicht von Lärm betroffen, bei Mietwohnungen gilt das nur für knapp ein Fünftel. Hinzu kommt ein Niveauunterschied von 2dB bei den Inseraten, die Lärm aufweisen. Insgesamt ist die Verteilung des Bahnlärms bei Mietwohnungen daher höher und etwas nach rechts verschoben.

¹ Der gebäudespezifische Lärm aggregiert die Lärmwerte aller Etagen zu einem Gebäudewert.

² Mittelwert aller Fassadenpunkte in Lden.

³ Der Niveau-Unterschied bleibt auch erhalten, wenn man die Unterscheidung in Stadt und Land berücksichtigt.

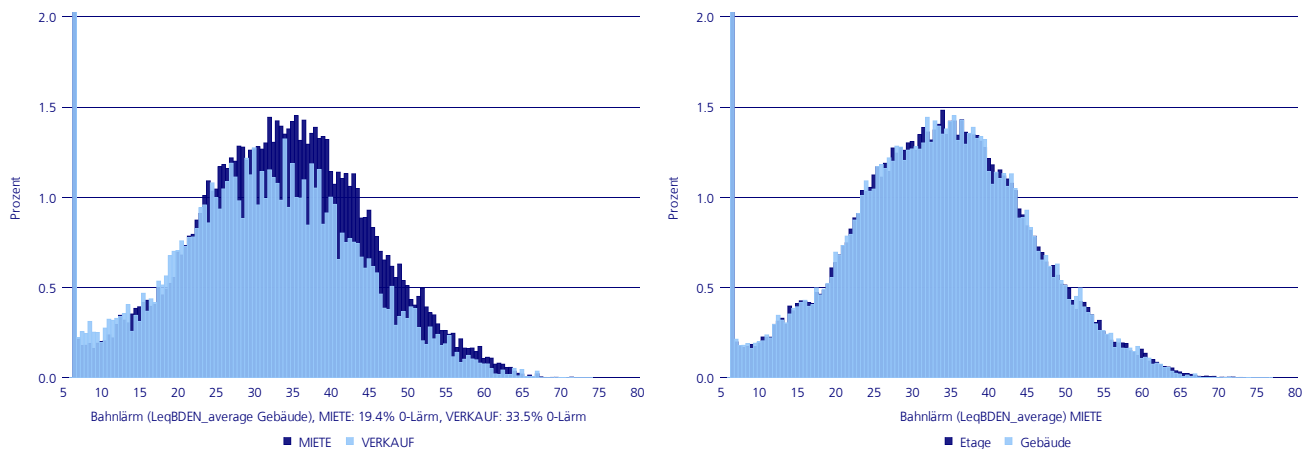


Abbildung 5: Verteilung Bahnlärm LEQDEN Mietwohnungen vs. Stockwerkeigentum, Gebäudelärm vs. Etagenlärm

Beim Fluglärm im Kanton Zürich ist der Unterschied zwischen Mietinseraten und Verkaufsinseraten gering. Allerdings gibt es einen grossen Unterschied zwischen den aktuellen Fluglärmdateien (z.B. LrFlugT) des BAFU und einer früheren Datenlieferung der Empa. Bei den Mietwohnungen sind 18% der Objekte von Lärm (gemäss Empa) über 50 dB betroffen, während nur 3% der Objekte gemäss LrFlugT mit Lärm belastet sind. Daher wird bei Inseratedaten im Kanton Zürich der Fluglärm gemäss Empa im Modell bevorzugt. Im Kanton Genf fliessen die aktuellen Fluglärmdateien des BAFU ins Modell ein.

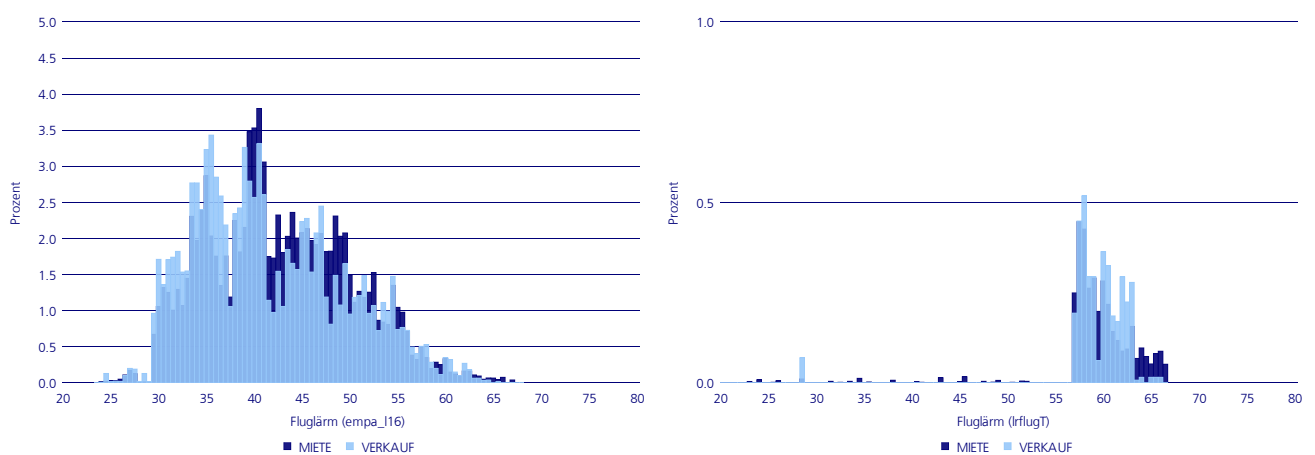


Abbildung 6: Verteilung Fluglärm Empa und BAFU (LrFlugT) Mietwohnungen vs. Stockwerkeigentum

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die verschiedenen Lärmdaten und liefert einige deskriptive Statistiken.

	Mietwohnungen	Stockwerkeigentum
Lärm Etage (alle Lärmquellen)	17% missing*	37% missing*
Lärm Gebäude (alle Lärmquellen)	5% missing	14% missing
Strassenlärm		
LeqSDEN_average Gebäude, arithmetisches Mittel	52dB	50dB
LeqSDEN_average Gebäude, Anteil > 50dB	63%	50%
Bahnlärm		
LeqBDEN_average Gebäude, Anteil ohne Lärm	19%	33%
LeqBDEN_average Gebäude, arithmetisches Mittel von Gebäuden mit Lärm	34dB	32dB
LeqBDEN_average Gebäude, Anteil > 50dB	6.5%	4.3%
Fluglärm Kanton Zürich		
Empal16	43dB	42dB
Arithmetisches Mittel		
Empal16, Anteil > 50dB	18%	17%
LrFlugT	3%	4%
Anteil > 50dB		

*missing = Inseratedaten ohne Lärmwert. Diesen Inseraten wird, wenn möglich, der gebäudespezifische Lärm zugewiesen.

Tabelle 10: Lärmbelastung inserierte Wohnungen

Wie gut repräsentieren die Inseratedaten die Gesamtheit der Lärmdaten des BAFU? Dazu schränken wir die Lärmdaten des BAFU gemäss der Klassifikation des eidg. Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) auf Gebäude mit vorwiegender Wohnnutzung ein. Die Gesamtheit der Etagen in Wohngebäude hat eine breitere Strassenlärmverteilung als die Inserate. Wohnungen mit wenig Strassenlärm sind somit in den Inseratedaten weniger häufig vertreten als in der Gesamtheit. Wohnungen mit Strassenlärm kommen häufiger vor. Für die Schätzung des Einflusses von Lärm auf die Preise ist das sogar von Vorteil. Da insbesondere die Objekte mit Lärm über 50 dB diesen Einfluss bestimmen, ist eine ausreichende Datengrundlage vorhanden.

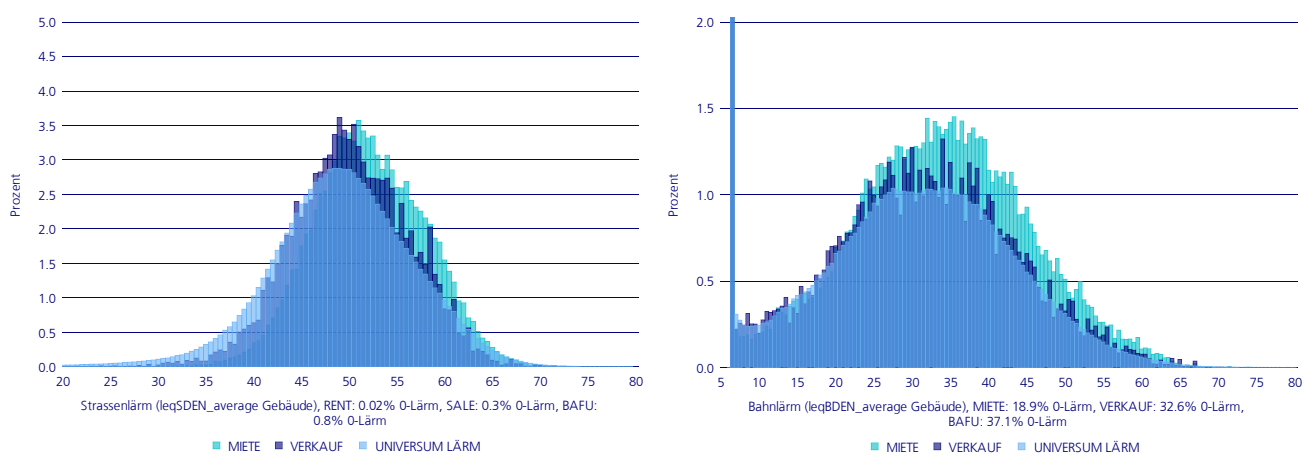


Abbildung 7: Verteilung Strassen- und Bahnlärm LEQDEN Mietwohnungen vs. Stockwerkeigentum vs. BAFU Datenlieferung

Die Verteilung des Bahnlärms ist bei den Lärmdaten des BAFU flacher. Dies weil hier mit 37% deutlich mehr Etagen keinen Lärm aufweisen. Bei Objekten mit Lärm grösser 0 gibt es praktisch keine Unterschiede zum Stockwerkeigentum.

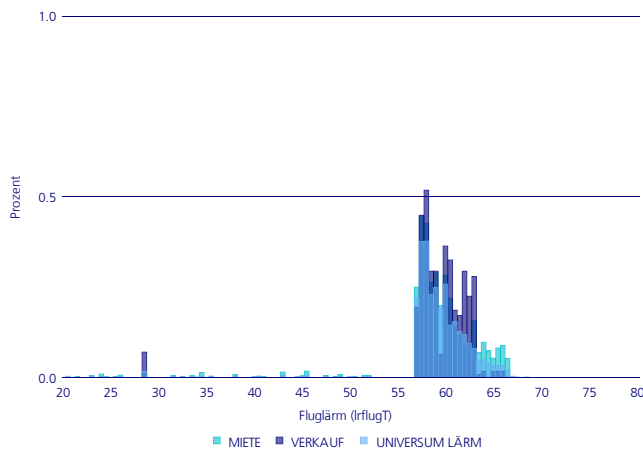


Abbildung 8: Verteilung Fluglärm LrflugT Mietwohnungen vs. Stockwerkeigentum vs. BAFU Datenlieferung

5.4 Altersverteilung Homegate

Die inserierten Mietwohnungen wurden im Durchschnitt vor 44 Jahre gebaut, das angebotene Stockwerkeigentum vor 21 Jahren. Während 23% der inserierten Verkaufsobjekte gerade gebaut wurden, sind bei den Mietwohnungen nur 5% absoluter Neubau. Entsprechend unterschiedlich ist die Altersverteilung der beiden Kategorien. Repräsentativ für den Gebäudebestand der Schweiz sind die Inserate nicht.

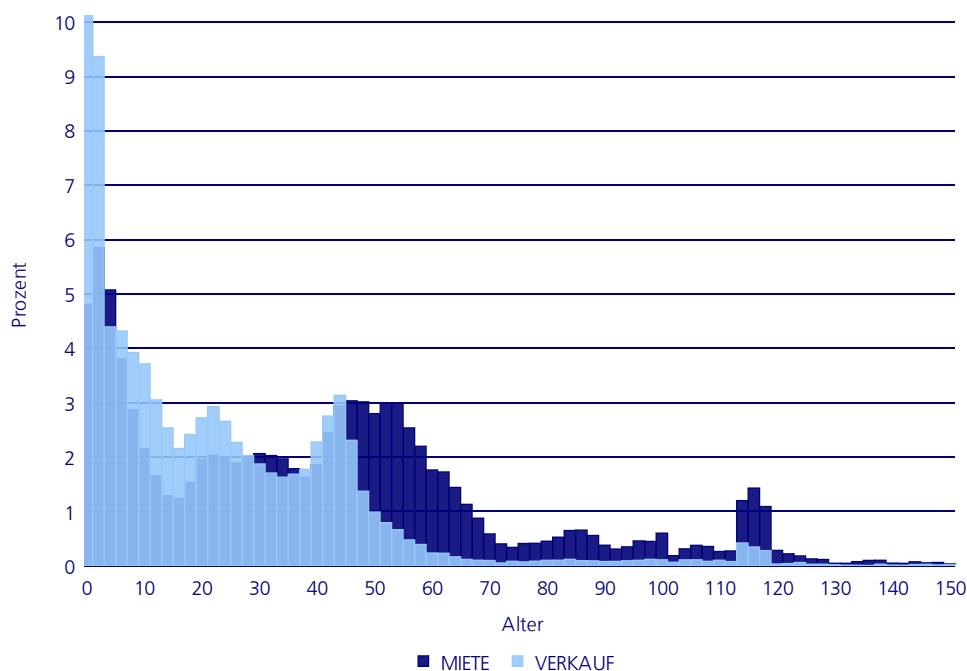


Abbildung 9: Verteilung Gebäudealter Mietwohnungen vs. Stockwerkeigentum

6 Modell

6.1 Einschlusskriterien

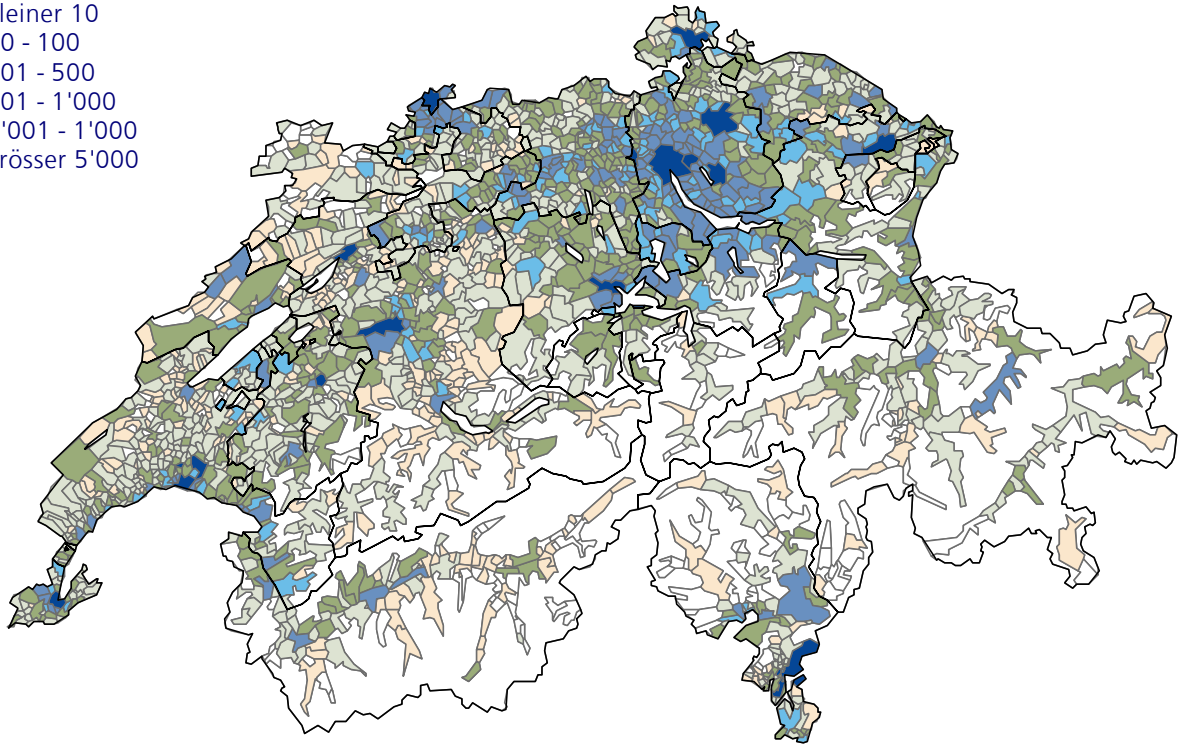
Nach Bereinigung der Homegate Inserate werden die Einschlusskriterien für das Modell festgelegt. Damit beträgt die Anzahl der Inserate von Mietwohnungen 819'435, die Anzahl der Inserate von Stockwerkeigentum 65'626.

Wohnungseigenschaft	Einschlusskriterien Modelle
Mietpreis / Angebotspreis	Mietpreis $\leq$ 7300 (99.5% Quantil) Angebotspreis $\leq$ 4'950'000 (99.5% Quantil) ohne 1% tiefste Mietpreise/Angebotspreise pro Kanton ohne 1% höchste Mietpreise/Angebotspreise pro Kanton
Adresse	genaue Post-Adresse (geokodierbar) genaue GWR Adresse
Zimmer	Zimmer $\leq$ 6
Wohnfläche	Mietwohnungen: $22 \text{ m}^2 \leq$ Wohnfläche $\leq 250 \text{ m}^2$ Stockwerkeigentum: $25 \text{ m}^2 \leq$ Wohnfläche $\leq 261 \text{ m}^2$
Wohnungstyp	keine Einzelzimmer keine möblierten Wohnobjekte keine Mansarde keine Studios mit mehr als 2 Zimmern
Insertionsjahr	2013 - 2018

Tabelle 11: Übersicht Einschlusskriterien

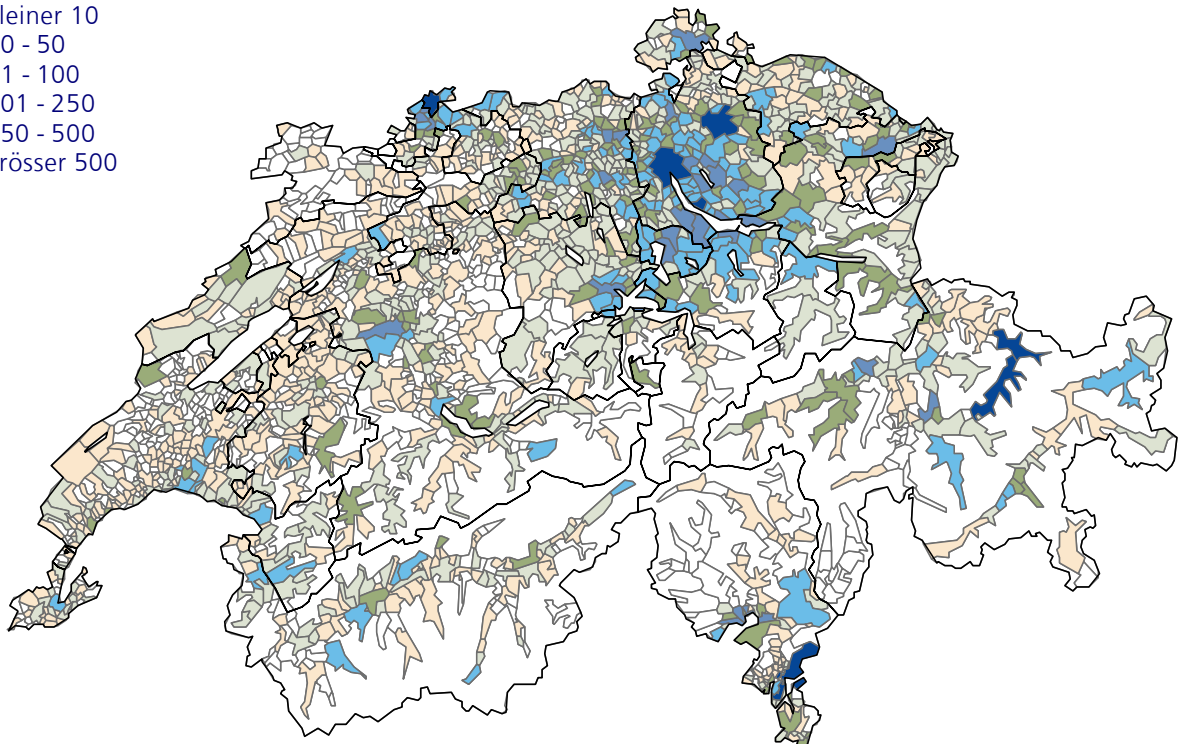
Die Karte 2 zeigt die räumliche Verteilung der Mietwohnungsinserate pro Gemeinde. Je dunkelblauer eine Gemeinde, desto mehr Inserate wurden für das Modell berücksichtigt. Besonders viele Mietinserate sind im Wirtschaftsraum Zürich, sowie in den urbanen Gebieten zu finden. Die räumliche Verteilung der Inserate von STW-Wohnungen ist weniger ausgeprägt wie bei den Mietwohnungen (siehe Karte 3). Dennoch zeigt sich hier ein ähnliches Bild. Rund um den Kanton Zürich sind – absolut gesehen – deutlich mehr Inserate zu finden, als in anderen Teilen der Schweiz.

- kleiner 10
- 10 - 100
- 101 - 500
- 501 - 1'000
- 1'001 - 1'000
- grösser 5'000



Karte 2: Räumliche Verteilung der Mietwohnungsinserate

- kleiner 10
- 10 - 50
- 51 - 100
- 101 - 250
- 250 - 500
- grösser 500



Karte 3: Räumliche Verteilung der Eigentumswohnungsinserate

6.2 Modellspezifikation

Die logarithmierte monatliche Nettomiete bzw. der logarithmierte Angebotspreis bildet die zu erklärende Variable. Die Wohnungseigenschaften sowie Variablen der Mikro- und Makrolage sind in dem linearen Regressionsmodell die unabhängigen Variablen. Einige Variablen werden durch Logarithmieren oder Bildung von Kategorien transformiert. Für den Strassen- und Bahnlärm wird jeweils der Tag-Abend-Nacht-Pegel L_{den} verwendet. Falls möglich wird der Etagen-Lärm verwendet. Bei Inseraten mit fehlender Etagenangabe oder Inseraten, denen aus anderen Gründen kein Etagen-Lärm zugeordnet werden kann, wird der Gebäude-Lärm verwendet (siehe 5.3). Fälle mit fehlendem Gebäudelärm sind vom Modell ausgeschlossen. Eine genauere Beschreibung der hier abgekürzten Variablen befindet sich im Anhang (siehe Tabelle 18).

Formal ist die Modellspezifikation des Mietmodells gegeben durch:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Nettomiete}) = & \text{Konstante} + \beta_1 * \text{zimmer2} + \beta_2 * \text{zimmer3} + \beta_3 * \text{zimmer4} + \beta_4 * \text{zimmer5} + \beta_5 * \text{zimmer6} + \\ & \beta_6 * \ln_zigroesse + \beta_7 * \text{whgtyp2} + \beta_8 * \text{whgtyp3} + \beta_9 * \text{whgtyp4} + \beta_{10} * \text{whgtyp8} + \\ & \beta_{11} * \text{whgtyp10} + \beta_{12} * \text{prop_lift} + \beta_{13} * \text{prop_fireplace} + \beta_{14} * \text{baur_dummy} + \beta_{15} * \text{alterk0} + \\ & \beta_{16} * \text{alterk1} + \beta_{17} * \text{alterk2} + \beta_{18} * \text{alterk3} + \beta_{19} * \text{alterk4} + \beta_{20} * \text{alterk5} + \beta_{21} * \text{alterk6} + \\ & \beta_{22} * \text{alterk7} + \beta_{23} * \text{alterk8} + \beta_{24} * \text{alterk9} + \beta_{25} * \text{alterk10} + \beta_{26} * \text{stadt} + \beta_{27} * j_rein2013 + \\ & \beta_{28} * j_rein2014 + \beta_{29} * j_rein2015 + \beta_{30} * j_rein2016 + \beta_{31} * j_rein2017 + \beta_{32} * \text{stadt_j_rein2013} + \\ & \beta_{33} * \text{stadt_j_rein2014} + \beta_{34} * \text{stadt_j_rein2015} + \beta_{35} * \text{stadt_j_rein2016} + \\ & \beta_{36} * \text{stadt_j_rein2017} + \beta_{37} * \text{estv_steuerertr_inc_erw} + \beta_{38} * \text{al_pro1} + \beta_{39} * \text{hh_50000} + \\ & \beta_{40} * \text{rzeit1_oew} + \beta_{41} * \text{rp_plz6_miv_norm} + \beta_{42} * \text{tourism_134314} + \beta_{43} * \text{dist_tlm_hvtl_200} + \\ & \beta_{44} * \text{d_see_f} + \beta_{45} * \text{seesicht_d2} + \beta_{46} * \text{seesicht_d3} + \beta_{47} * \text{seesicht_d4} + \beta_{48} * \text{berg_d12} + \\ & \beta_{49} * \text{sonnen_hang} + \beta_{50} * \text{slope9} + \beta_{51} * \text{slope_max} + \beta_{52} * \text{stadt_dist_bahn_100} + \\ & \beta_{53} * \text{land_dist_bahn_100} + \beta_{54} * \text{stadt_dist_park_300} + \beta_{55} * \text{stadt_dist_tlm_wald} + \\ & \beta_{56} * \text{land_dist_tlm_wald} + \beta_{57} * \text{kantonge_geb_lrflug_tag_mean_50} + \\ & \beta_{58} * \text{kantonzh_fluglaerm_empa50} + \beta_{59} * \text{leqstr_den_mean_i_50} + \\ & \beta_{60} * \text{leqbahn_den_mean_i_50} + \beta_{61} * \text{kantonge} + \beta_{62} * \text{kantonzh} + \varepsilon \end{aligned}$$

Die Modellspezifikation des Stockwerkeigentumsmodells sieht formalisiert folgendermassen aus:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Angebotspreis}) = & \text{Konstante} + \beta_1 * \text{zimmer2} + \beta_2 * \text{zimmer3} + \beta_3 * \text{zimmer4} + \beta_4 * \text{zimmer5} + \beta_5 * \text{zimmer6} + \\ & \beta_6 * \ln_zigroesse + \beta_7 * \text{whgtyp3} + \beta_8 * \text{whgtyp8} + \beta_9 * \text{prop_lift} + \beta_{10} * \text{prop_fireplace} + \\ & \beta_{11} * \text{alterk0} + \beta_{12} * \text{alterk1} + \beta_{13} * \text{alterk2} + \beta_{14} * \text{alterk3} + \beta_{15} * \text{alterk4} + \beta_{16} * \text{alterk5} + \\ & \beta_{17} * \text{alterk6} + \beta_{18} * \text{alterk7} + \beta_{19} * \text{alterk8} + \beta_{20} * \text{alterk9} + \beta_{21} * \text{alterk10} + \beta_{22} * \text{stadt} + \\ & \beta_{23} * j_rein2013 + \beta_{24} * j_rein2014 + \beta_{25} * j_rein2015 + \beta_{26} * j_rein2016 + \beta_{27} * j_rein2017 + \\ & \beta_{28} * \text{luxus_urban} + \beta_{29} * \text{estv_steuerertr_inc_erw} + \beta_{30} * \text{hh_50000} + \beta_{31} * \text{rzeit1_oew} + \\ & \beta_{32} * \text{rp_plz6_miv_norm} + \beta_{33} * \text{tourism_134314} + \beta_{34} * \text{dist_tlm_hvtl_200} + \beta_{35} * \text{d_see_f} + \\ & \beta_{36} * \text{seesicht_d2} + \beta_{37} * \text{seesicht_d3} + \beta_{38} * \text{seesicht_d4} + \beta_{39} * \text{berg_d12} + \beta_{40} * \text{sonnen_hang} + \\ & \beta_{41} * \text{slope9} + \beta_{42} * \text{slope_max} + \beta_{43} * \text{stadt_dist_bahn_100} + \beta_{44} * \text{land_dist_bahn_100} + \\ & \beta_{45} * \text{stadt_dist_park_300} + \beta_{46} * \text{stadt_dist_tlm_wald} + \beta_{47} * \text{land_dist_tlm_wald} + \\ & \beta_{48} * \text{kantonzh_fluglaerm_empa50} + \beta_{49} * \text{leqstr_den_mean_i_50} + \\ & \beta_{50} * \text{leqbahn_den_mean_i_50} + \beta_{51} * \text{kantonge} + \beta_{52} * \text{kantonzh} + \varepsilon \end{aligned}$$

6.3 Lärmspezifikation

Verkehrslärm hat einen Einfluss auf den Preis. In der Nacht wird der Lärm als störender empfunden als am Tag. Das spiegelt sich im grösseren Preiseinfluss des Nachtlärms wider. Da der Lärm im Tagesablauf jedoch hoch korreliert ist, kann der Preiseinfluss des Lärms den verschiedenen Tageszeiten nicht zugeordnet werden. Für die Messung des Preiseffekts im Modell muss daher ein Lärmaggregat gebildet werden, das alle Tageszeiten umfasst. Wir greifen dafür auf den Tag-Abend-Nacht-Pegel (LDEN) des europäischen Parlaments zurück (siehe Abschnitt 4.1).

Grundsätzlich kann das Modell mit gebäudespezifischen oder etagenspezifischen Lärmdaten geschätzt werden. Obwohl der Etagen-Lärm eine Differenzierung im Gebäude zulässt, ist eine Verbesserung des Modells dadurch nicht eingetreten.

Verschiedene Gründe mögen dabei eine Rolle spielen. Zum einen ist die Lage der Wohnung innerhalb der Etage und der Wohnungsgrundriss nicht bekannt. Es macht jedoch einen Unterschied für die tatsächliche Lärmbelastung, ob die Wohnung zur Lärmquelle ausgerichtet ist oder davon abgewandt, beispielsweise zum ruhigeren Innenhof, liegt. Auch ist das Ruhebedürfnis weniger gestört, wenn nicht das Schlafzimmer und die Wohnräume, sondern die Küche oder die Nasszellen mehr von Lärm betroffen sind. Hinzu kommt, dass die Verlässlichkeit der Etagenangaben in den Inseraten nicht bekannt ist. Manchen Objekten kann nur der gebäudespezifische Lärm zugewiesen werden.

Da Geräusche unter 50 dB kaum wahrnehmbar sind, wird für den Lärmpegel L_{den} ausserdem eine Grenze von 50 dB eingeführt. Im Modell sind somit nur die Dezibelangaben über 50 relevant.

6.4 Schätzgenauigkeit

Der Erklärungsgehalt der Modelle ist hoch. Beim Miet-Modell beträgt die Modellgüte, gemessen mit dem Bestimmtheitsmass R^2 , 81.3%, beim STW-Modell sind es 78.7%. Schweizweit weichen 81 Prozent der geschätzten Mietpreise um weniger als 20 Prozent von den effektiven Preisen ab. Beim STW-Modell sind 64% der geschätzten Angebotspreise innerhalb dieser Grenzen. Die Eigenschaften der Wohnung, der Makrolage und der Mikrolage tragen in unterschiedlichem Ausmass zur Modellgüte bei. Gemessen an ihrer relativen Einflussstärke kommt den Wohnungseigenschaften die grösste Bedeutung zu. Allein mit den Wohnungseigenschaften beträgt der Erklärungsgehalt bereits 65.5% resp. 54%. Durch Hinzunahme der Makrovariablen steigt die Modellgüte auf 79.2% resp. 76.4%. Beim Stockwerkeigentum erklären die Wohnungseigenschaften die Preisunterschiede weniger gut als im Miet-Modell und die Lageeigenschaften sind relevanter. Insgesamt ist der Einfluss von Mikrolage und Lärm jedoch auch hier gering.

Modellgüte (Bestimmtheitsmass R^2)	Mietwohnungen	Stockwerkeigentum
Modell mit allen Variablen	81.3%	78.7%
Modell mit Objektvariablen und Makrovariablen	79.2%	76.4%
Modell mit Objektvariablen	65.5%	54.0%

Tabelle 12: Erklärungsgehalt der Modelle

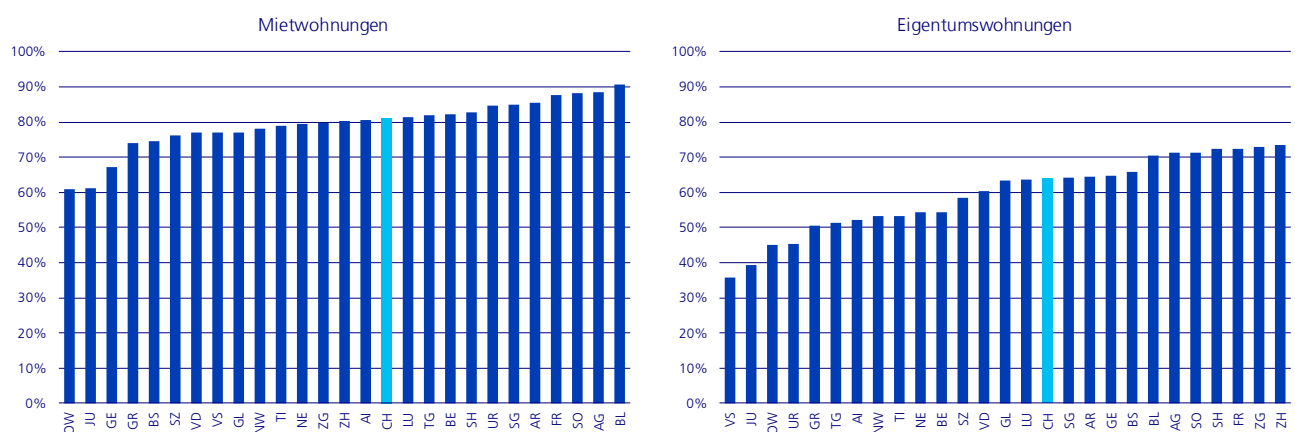


Abbildung 10: Wohnungen mit maximal 20% Über- oder Unterschätzung der effektiven Preise pro Kanton

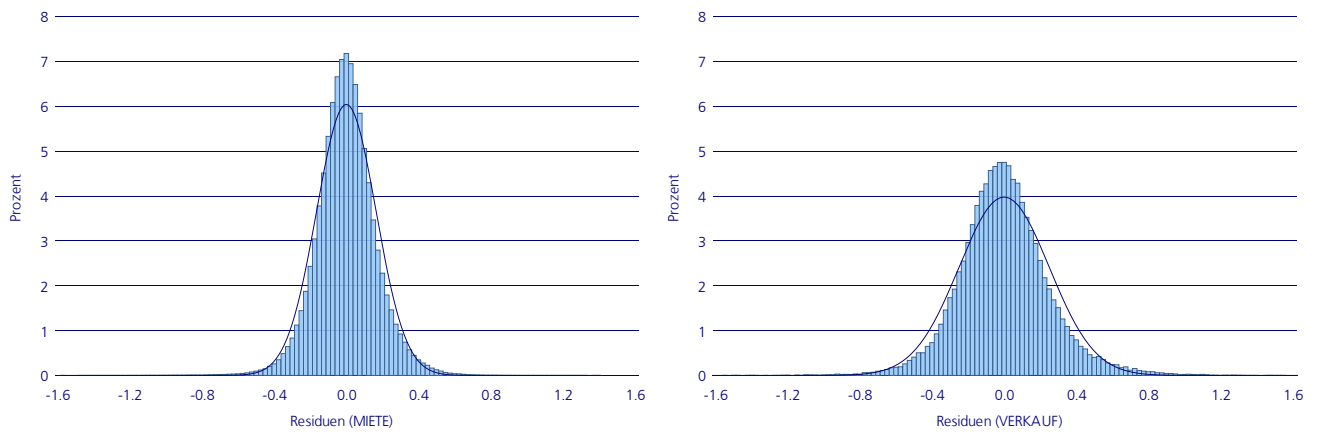


Abbildung 11: Verteilung der Residuen

Im Rahmen der Residuenanalyse analysieren wir die Verteilung der Residuen anhand der jeweiligen Histogramme (Abbildung 11) und vergleichen die Verteilung mit der angenommenen Normalverteilung. Es zeigen sich keine Auffälligkeiten, die auf Fehlspezifikationen des Modells hindeuten würden.

7 Resultate

7.1 Wohnungseigenschaften

Die Preisaufschläge für Zimmer und Zimmergrösse sind bei Verkaufsobjekten durchweg höher als bei Mietwohnungen. Im Eigentumsbereich ist der Preisabschlag für ältere Objekte zwar höher (siehe Abbildung 12), allerdings war in den letzten Jahren ein hoher Preisanstieg zu verzeichnen.

Wohnungseigenschaften	Beschreibung	Preiseffekt MIETE	Preiseffekt VERKAUF
Zimmeranzahl	1 Zimmer (Referenzkategorie)	0%	0%
	2 Zimmer	59%	90%
	3 Zimmer	108%	176%
	4 Zimmer	153%	252%
	5 Zimmer	201%	326%
	6 Zimmer	247%	400%
Zimmergrösse	Wohnfläche/Zimmerzahl (logarithmiert, Preiseffekt bei 10% Anstieg)	5.5%	8.3%
Qualitätsfaktoren	Lift	3%	3%
	Cheminée	5%	7%
Wohnungstyp⁴	Etagenwohnung (Referenzkategorie)	0%	0%
	Attikawohnung	15%	20%
	Terrassenwohnung	12%	11%
	Maisonette / Duplex	3%	-
	Dachwohnung	1.4%	-
	Loft	7%	-
Alterskategorie	Neubau 0 - 3 (Referenzkategorie)	0%	0%
	Alter 4 - 9	-6%	-6%
	Alter 10 - 19	-13%	-15%
	Alter 20 - 29	-16%	-23%
	Alter 30 - 39	-17%	-23%
	Alter 40 - 49	-19%	-27%
	Alter 50 - 59	-21%	-26%
	Alter 60 - 69	-21%	-22%
	Alter 70 - 79	-17%	-22%
	Alter 80 - 89	-16%	-18%
	Alter 90 - 99	-16%	-19%
	Alter 100 und mehr	-13%	-16%
Bauträger	Baugenossenschaft	-18%	-
Luxus	Luxusobjekte	-	12%

Tabelle 13: Preiseffekte der Wohnungseigenschaften auf Miet- und Eigentumsobjekte

⁴ Im Stockwerkeigentumsmodell sind aufgrund geringer Fallzahl nur gewisse Wohnungstypen signifikant.

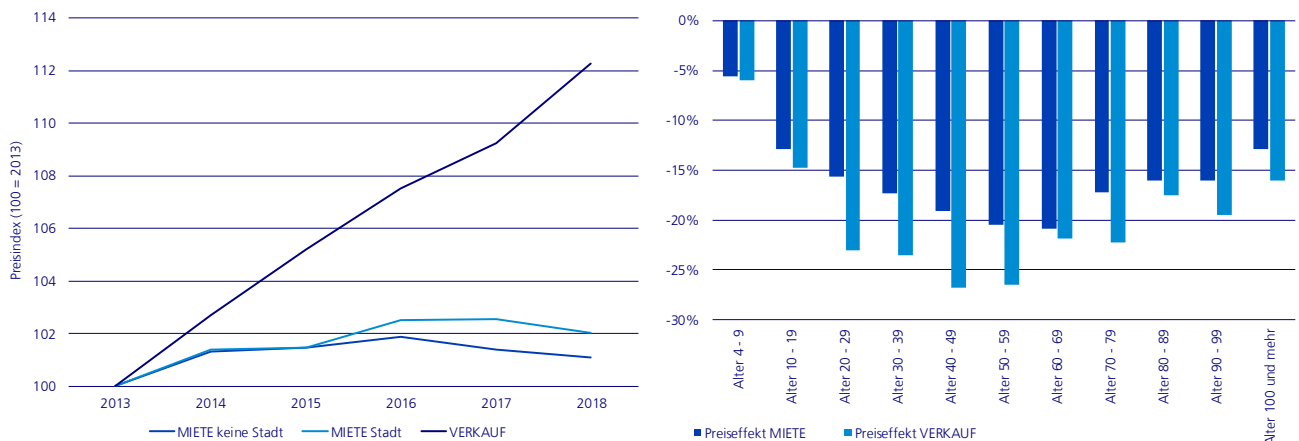


Abbildung 12: Einfluss der Preisentwicklung und Gebäudealter

7.2 Makrolage

Der Preisaufschlag für touristische Gemeinden und Objekte auf Stadtgebiet ist für Stockwerkeigentum höher. Auch der Einfluss der Steuern ist bei Verkaufsobjekten stärker ausgeprägt.

Makrolage	Beschreibung	Preiseffekt MIETE	Preiseffekt VERKAUF
Gemeindetyp	Touristische Gemeinde	16%	59%
Steuern	Steuerbelastung alleinstehende Haushalte (in %)	-0.7%	-
	Steuerbelastung Haushalte mit 50'000 Sfr. Bruttoeinkommen (in %)	-2.1%	-6.5%
	Steuerertrag Direkte Bundessteuer (Erwerbstätige)	5.1%	11.8%
Reisezeit	Reisezeit zu Grosszentrum mit öffentlichem Verkehr (in Minuten)	-0.3%	-0.2%
Zentralität	Erreichbarkeitspotential PLZ-Ort (normiert)	29%	24%
Kanton	Zürich	3%	2%
	Genf	27%	22%
Stadt	Zürich, Genf, Bern, Basel, Lausanne, Winterthur, Biel, Luzern, St. Gallen und Lugano	5%	21%

Tabelle 14: Preiseffekte der Makrolage

7.3 Mikrolage

Der Preisaufschlag für Sonnenlagen und Hangneigung ist bei Stockwerkeigentum höher. Auch für Seeuferlage wird ein deutlich höherer Preis bezahlt als bei Mietwohnungen. Die Nähe zu Hochspannungsleitungen innerhalb von 200m hat einen negativen Einfluss. Hier dürfte neben der Angst vor den wissenschaftlich nicht erwiesenen negativen Auswirkungen von Elektromog auch die ästhetische Beeinträchtigung der Aussicht eine Rolle spielen. Bahnlinien führen zu Sichtbeeinträchtigungen und haben eine Barrierewirkung. So erklärt sich, warum neben dem separat bewerteten Preiseinfluss des Bahnlärms, auch die Distanz zur Bahnlinie einen Preiseinfluss hat. Die Nähe zu einem Park lässt in der Stadt einen Preisaufschlag von 2.8% (Miete) resp. 3.5% (Verkauf) erwarten, in geringem Masse gilt das auch für die Nähe zum Wald. Andere Erholungsgebiete haben keinen Effekt gezeigt.

Mikrolage	Beschreibung	Preiseffekt MIETE	Preiseffekt VERKAUF
Seelage	Seeufer (< 100 Meter)	8.8%	16.5%
Seesicht	mittel (>10 und <=100)	6.9%	7.1%
	gut (>100 und <=200)	9.7%	9.9%
	sehr gut (>200)	12.7%	15.9%
Bergsicht	mehr als 3 sichtbare Berge	2.4%	3.2%
Exposition und Hangneigung	Süden, Südwesten, Westen	1.0%	3.4%
	Hangneigung 5 - 9 Grad	1.4%	3.0%
	Hangneigung > 9 Grad	3.8%	11.0%
Distanzen	Nähe Hochspannungsleitung (< 200 Meter)	-2.2%	-2.3%
	Stadt, Nähe Bahnlinie (< 100 Meter)	-2.1%	-
	keine Stadt, Nähe Bahnlinie (< 100 Meter)	-1.0%	-1.8%
	Stadt, Distanz Park (< 300 Meter)	2.8%	3.5%
	Stadt, Distanz Wald (in 1000 Meter)	0.2%	1.5%
	keine Stadt, Distanz Wald (in 1000 Meter)	-1.1%	-0.8%

Tabelle 15: Preiseffekte der Mikrolage (ohne Lärm)

7.4 Lärm

Wie bereits in der Studie von 2012 tritt der Preisabschlag von Verkehrslärm bei Stockwerkeigentum deutlicher auf als bei Mietwohnungen. Mit -0.43% pro Dezibel (über 50 dB) ist der Preiseffekt von Strassenlärm bei Verkaufsobjekten fast dreimal so hoch wie bei Mietwohnungen. Auch beim Bahnlärm gibt es diesen hohen Unterschied. Der Effekt von Fluglärm befindet sich dagegen bei Miete und Verkauf auf vergleichbarem Niveau. Im Kanton Genf gibt es zu wenige von Fluglärm betroffene Verkaufsinserate, daher ist keine Schätzung möglich.

Lärm (pro Dezibel)	Beschreibung	Preiseffekt MIETE	Preiseffekt VERKAUF
Fluglärm	Kanton Genf, Tag > 50 dB (LrFlugT, Gebäude, SonBASE)	-0.26%	-
	Kanton Zürich, Tag > 50 dB (Leq16, Hektar, EMPA)	-0.20%	-0.18%
Strassenlärm	Tag-Abend-Nacht-Pegel Lden (Etag, > 50 dB)	-0.16%	-0.43%
Bahnlärm	Tag-Abend-Nacht-Pegel Lden (Etag, > 50 dB)	-0.16%	-0.46%

Tabelle 16: Preiseffekte des Lärms

Die Koeffizienten des Modells sehen hier aus rechnerischen Gründen fast gleich aus, werden aber dennoch der Vollständigkeit halber angegeben. Die Kombination des Preiseffekts der Mikrolage mit Lärmeinflüssen ist einfacher, wenn man von den Koeffizienten ausgeht (siehe 8.5).

Lärm (pro Dezibel)	Beschreibung	Koeffizient MIETE	Koeffizient VERKAUF
Fluglärm	Kanton Genf, Tag > 50 dB (LrFlugT, Gebäude, SonBASE)	-0.00256	-
	Kanton Zürich, Tag > 50 dB (Leq16, Hektar, EMPA)	-0.00201	-0.00177
Strassenlärm	Tag-Abend-Nacht-Pegel Lden (Etag, > 50 dB)	-0.00165	-0.00433
Bahnlärm	Tag-Abend-Nacht-Pegel Lden (Etag, > 50 dB)	-0.00159	-0.00465

Tabelle 17: Koeffizienten des Lärms

7.5 Mobilfunkantennen

Die Dichte von Mobilfunkantennen ist hoch. 75% der Mietobjekte in der Stadt liegen weniger als 200 Meter von einer Mobilfunkantenne entfernt, auf dem Land sind es 32%. Die durchschnittliche Distanz zur nächsten Mobilfunkantenne beträgt auf dem Land 340 Meter, in der Stadt nur 140 Meter. Ein ähnliches Muster kann man auch bei Stockwerkeigentum beobachten. Die Abbildung 13 zeigt den negativen Zusammenhang zwischen der

Entfernung zur Antenne und dem durchschnittlichen Quadratmeterpreis: Je grösser die Entfernung, desto tiefer ist der durchschnittliche Preis. Dies widerspricht der Erwartung, dass die Nähe zur Antenne preismindernd wirkt.

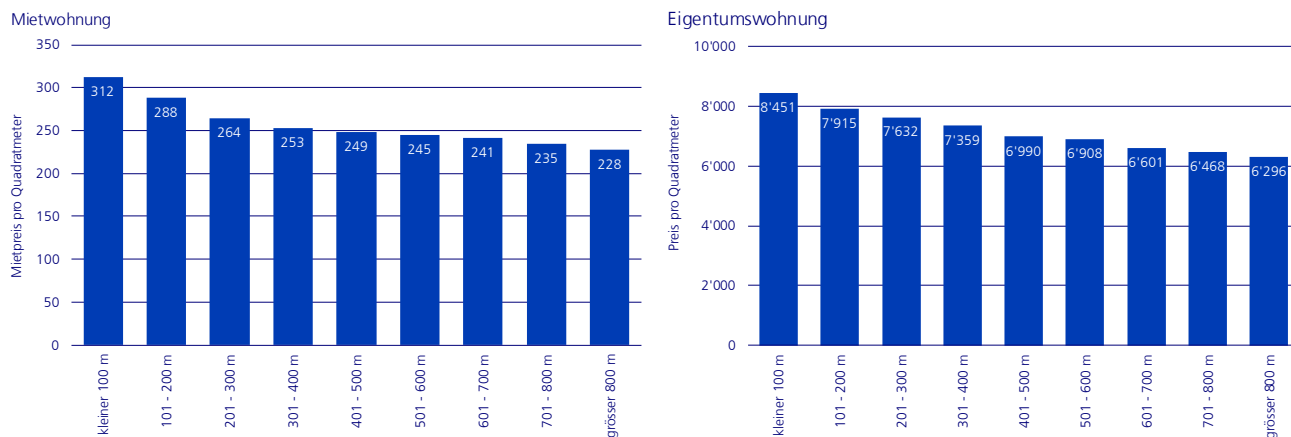


Abbildung 13: Durchschnittliche monatliche Miete bzw. Preis pro Quadratmeter bei zunehmender Distanz zur nächsten Mobilfunkantenne

Im Modell lässt sich wie erwartet kein Preisabschlag für die Nähe zu Mobilfunkantennen nachweisen. Möglicherweise steht die weite Verbreitung dem entgegen. Zudem sind Mobilfunkantennen in der Regel nicht sichtbar, so dass der Wohnungsinteressent wenig Möglichkeit hat, dies bei seiner Entscheidung zu berücksichtigen.

7.6 Robustheit

Zur Überprüfung der Stabilität des Modells und der Resultate haben wir zwei unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt. Beim ersten Verfahren eliminieren wir die Inserate mit hoher Cooks Distanz und schätzen das Modell ohne diese Ausreisser neu. Bei einem robusten Modell sollten die Ergebnisse sehr ähnlich sein, ansonsten wären die Resultate von wenigen Ausreissern beeinflusst. Beim zweiten Verfahren haben wir den Beobachtungszeitraum der Inserate in die Vergangenheit verschoben. Auch hier ist es wünschenswert, dass sich die Ergebnisse mit der geänderten Ausgangslage nicht grundlegend ändern.

Wir stellen fest, dass im Mietmodell alle Preiseffekte der Lage einschliesslich des Strassen-, Bahn- und Fluglärms im Kanton Zürich robuste Schätzungen sind. Lediglich beim Fluglärm in Genf beobachtet man grössere Unterschiede in den Koeffizienten. Einerseits halbiert sich der Preiseinfluss in Genf, wenn man Ausreisser eliminiert. Andererseits ist der Preiseinfluss bei Berücksichtigung früherer Inserate deutlich höher. Der Fluglärm-Einfluss im Kanton Genf reagiert somit sensibel auf Modelländerungen.

Im Stockwerkeigentumsmodell sind die Preiseffekte der Lage inkl. des Strassen- und Bahnlärms robuste Schätzungen. Hier reagiert der Fluglärm in Zürich allerdings auf die Elimination der Ausreisser. Der Koeffizient ist dann kleiner und zudem nicht mehr signifikant. Verlegt man den Beobachtungszeitraum ein paar Jahre in die Vergangenheit tritt der umgekehrte Effekt ein. In einem Modell mit älteren Inseraten ist der Einfluss des Fluglärms mehr als doppelt so hoch wie beim aktuellen Beobachtungszeitraum der letzten 6 Jahre. Der geschätzte Fluglärm-Einfluss scheint somit eine Momentaufnahme zu sein. Bei kleinen Änderungen fällt der Effekt anders aus.

8 Lagerating

8.1 Preis-Modell

Das geschätzte Modell beschreibt den Einfluss der unabhängigen Variablen auf den logarithmierten Preis (siehe 6.2). Fasst man die mit den Koeffizienten gewichteten Variablen in den Kategorien Wohnungseigenschaften, Makrolage und Mikrolage zusammen und exponiert die Gleichung, entsteht ein multiplikatives Modell für den Preis. Die einzelnen Faktoren wirken positiv oder negativ auf den Preis, je nachdem, ob die exponierte gewichtete Summe grösser oder kleiner als 1 ist.

$$\begin{aligned} \text{Nettomiete bzw. Preis} = & \exp(\text{Konstante}) * \exp(\text{gewichtete Summe der Wohnungseigenschaften}) \\ & * \exp(\text{gewichtete Summe der Makrolage}) \\ & * \exp(\text{gewichtete Summe der Mikrolage}) \\ & * \exp(\text{gewichtete Summe der Lärmvariablen}) \end{aligned}$$

8.2 Preiseffekte Lagerating

Fixiert man im obigen Preis-Modell die Wohnungseigenschaften, bildet das Modell nur noch die Preisunterschiede ab, die sich aus der Lage des Objekts ergeben. Als Gesamtlage bezeichnen wir den gemeinsamen Einfluss der Lagefaktoren Makrolage, Mikrolage und Lärm.

$$\begin{aligned} \text{Gesamtlage} = & \exp(\text{gewichtete Summe der Makrolage}) \\ & * \exp(\text{gewichtete Summe der Mikrolage}) \\ & * \exp(\text{gewichtete Summe der Lärmvariablen}) \end{aligned}$$

Subtrahiert man vom Faktor den Wert 1 erhält man den Preiseffekt. Ein Wert von 0.95 in der obigen gewichteten Summe, entspricht einem Preiseffekt von -0.05, was einem Preisabschlag von 5% entspricht.

Für den Preiseffekt der Mikrolage gilt somit:

$$\text{Preiseffekt Mikrolage} = \exp(\text{gewichtete Summe der Mikrolage}) - 1$$

Der Preiseffekt der Gesamtlage berechnet sich aus Makrolage, Mikrolage und Lärm.

$$\begin{aligned} \text{Preiseffekt Gesamtlage} = \\ (\text{Preiseffekt Makrolage} + 1) * (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * (\text{Preiseffekt Lärm} + 1) - 1 \end{aligned}$$

8.3 Karten Lagerating Mikrolage

Die Preiseffekte der Lage werden für alle mehr als 1.8 Mio von der Post belieferten Adressen der Schweiz berechnet. Da jede dieser Adressen räumlich zu einem 25x25 Meter Raster gehört, lässt sich durch Mittelung der einzelnen Adressen der Preiseffekt einer solchen Rasterzelle bestimmen. Die resultierenden Preiseffekte der Mikrolage der Rasterzellen sind in den nachfolgenden Karten dargestellt. Entsprechend der räumlichen Verteilung der Adressen sind die Rasterzellen nicht flächendeckend in der Schweiz verteilt, sondern nur in besiedelten Gebieten vorzufinden. Wir zeigen am Beispiel der Gebiete um Zürich und Bern den Effekt, den der Lärmabschlag zusätzlich zur Mikrolage hat.

8.3.1 Karten Lagering Mietmodell

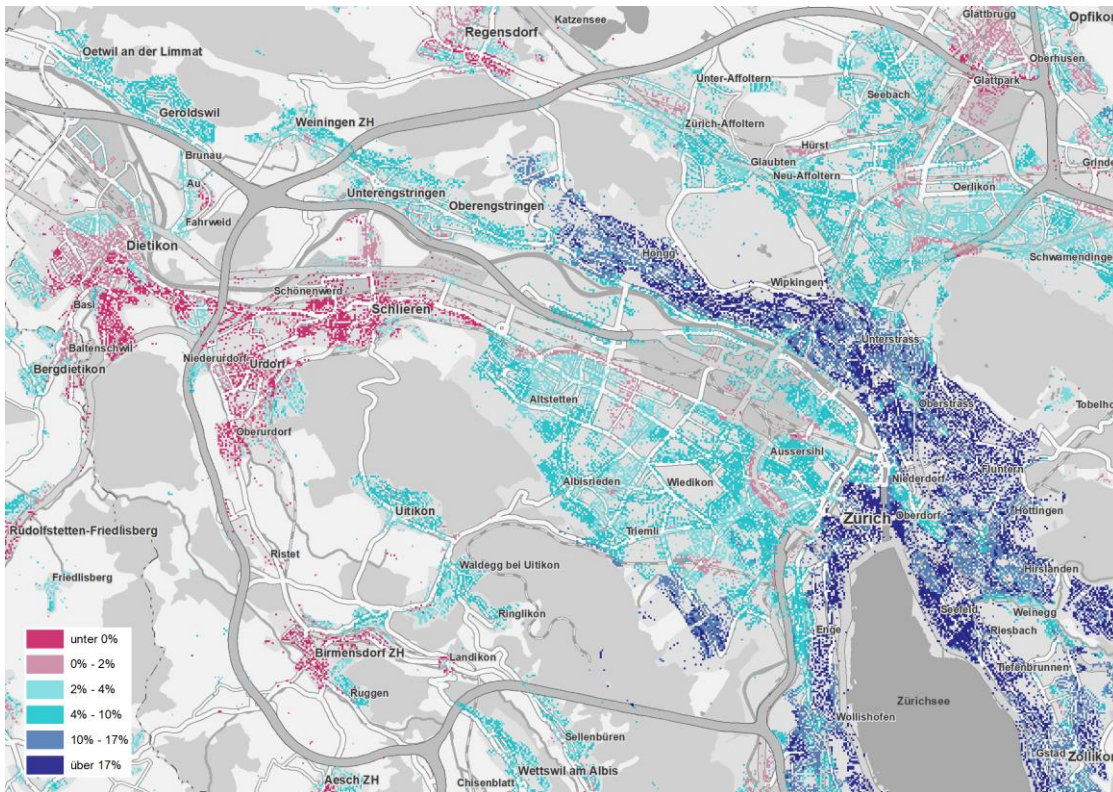


Abbildung 14: Preiseffekt Mikrolage ohne Lärm Miet-Modell Zürich-Schlieren

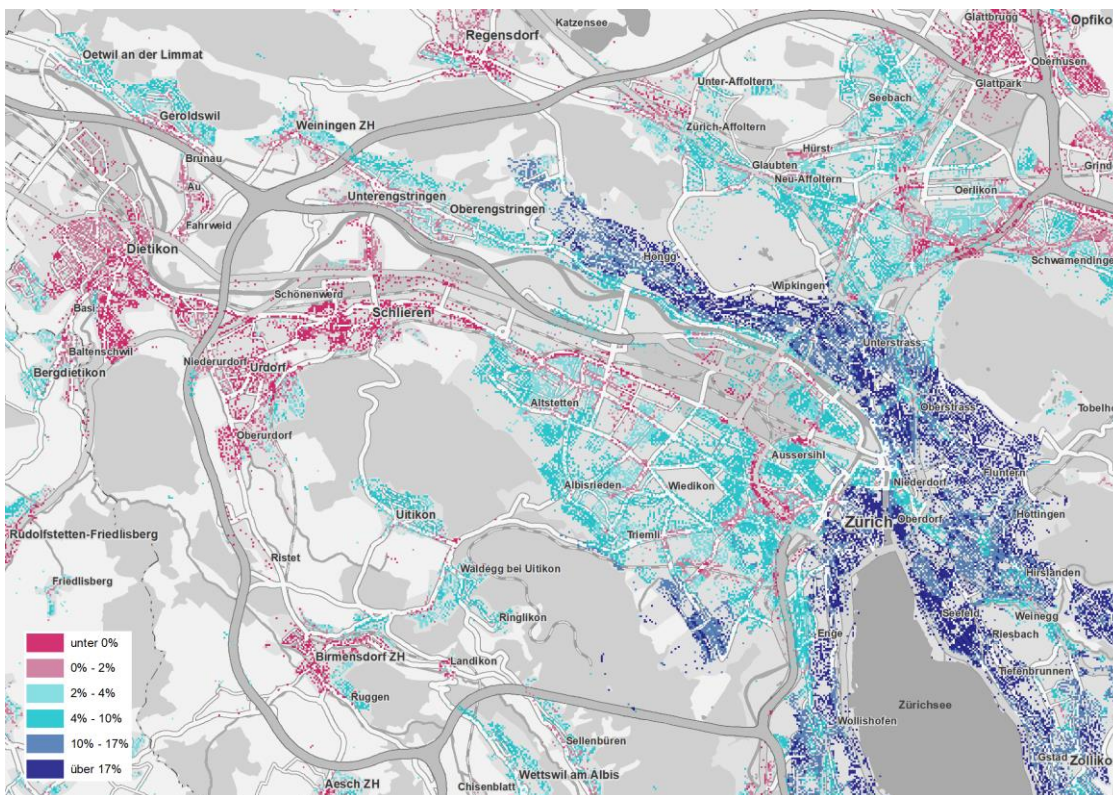


Abbildung 15: Preiseffekt Mikrolage mit Lärm Miet-Modell Zürich-Schlieren

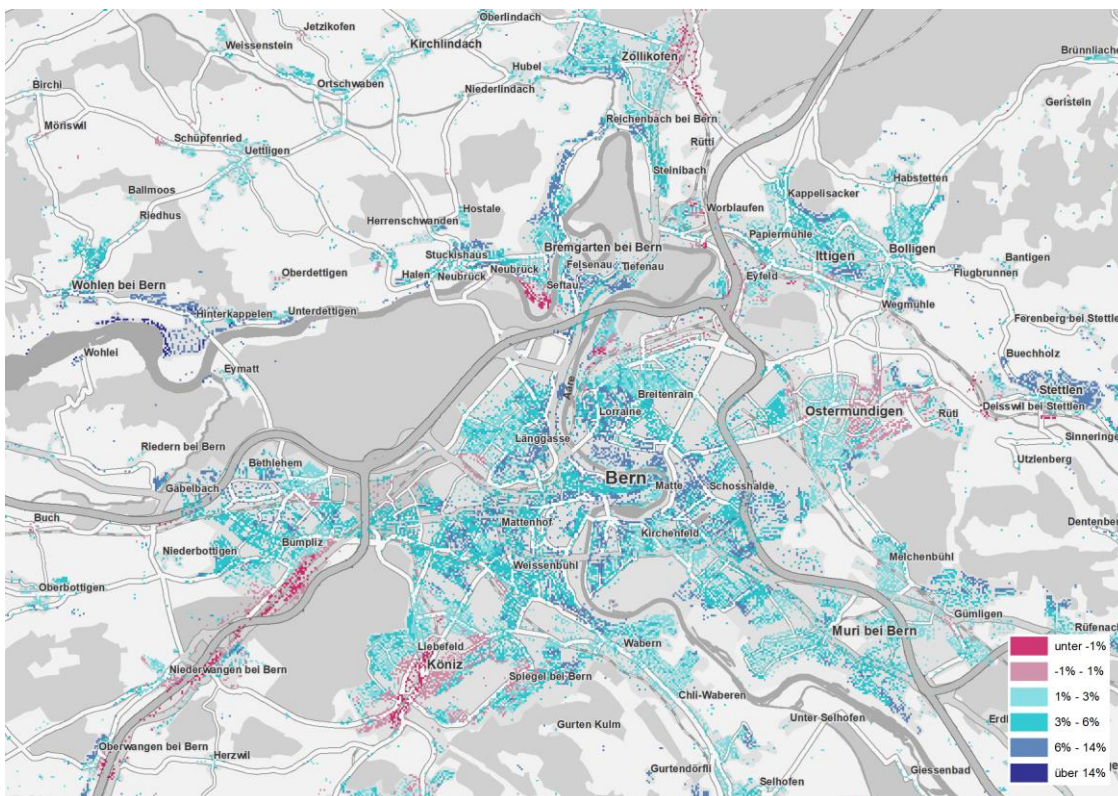


Abbildung 16: Preiseffekt Mikrolage ohne Lärm Miet-Modell Bern

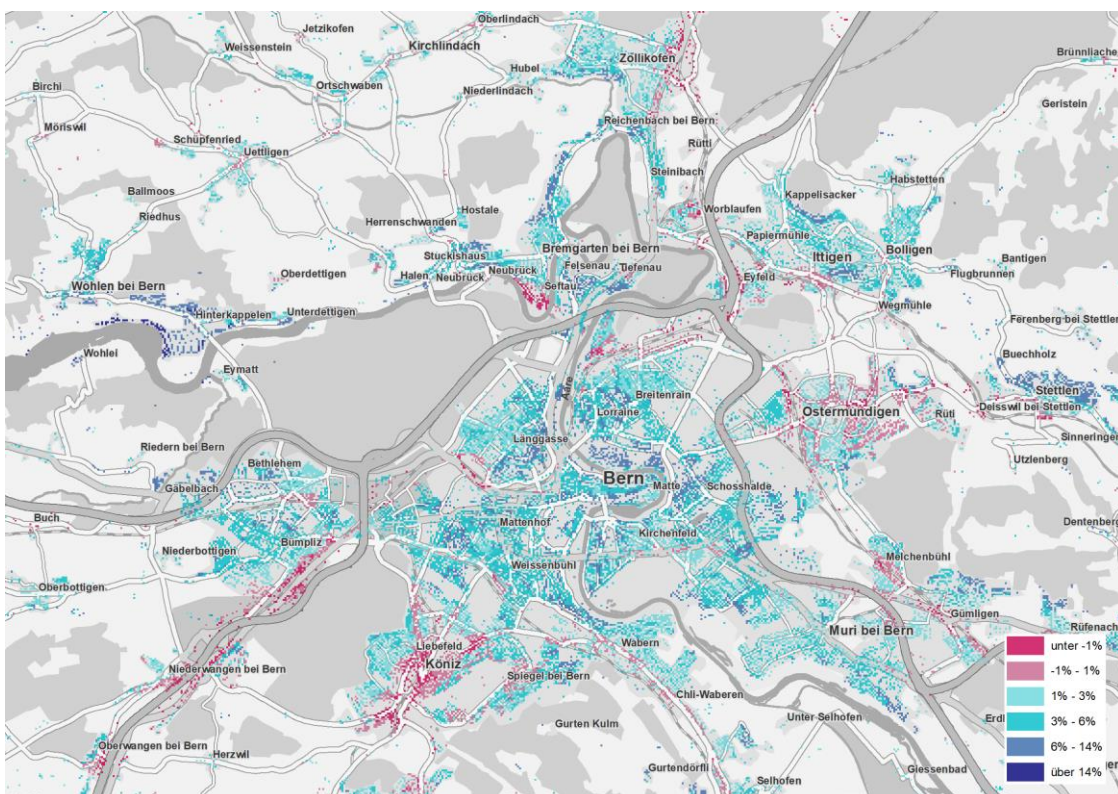


Abbildung 17: Preiseffekt Mikrolage mit Lärm Miet-Modell Bern

8.3.2 Karten Lagering Stockwerkeigentumsmodell

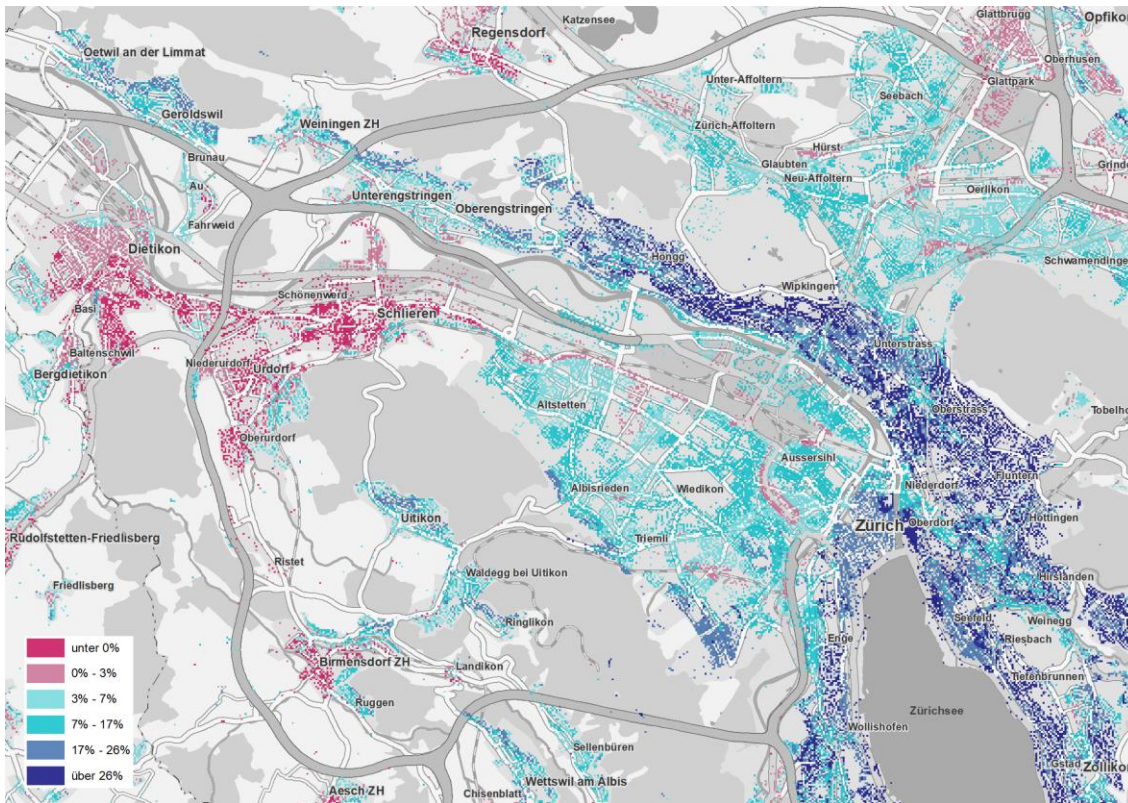


Abbildung 18: Preiseffekt Mikrolage ohne Lärm Stockwerkeigentumsmodell Zürich-Schlieren

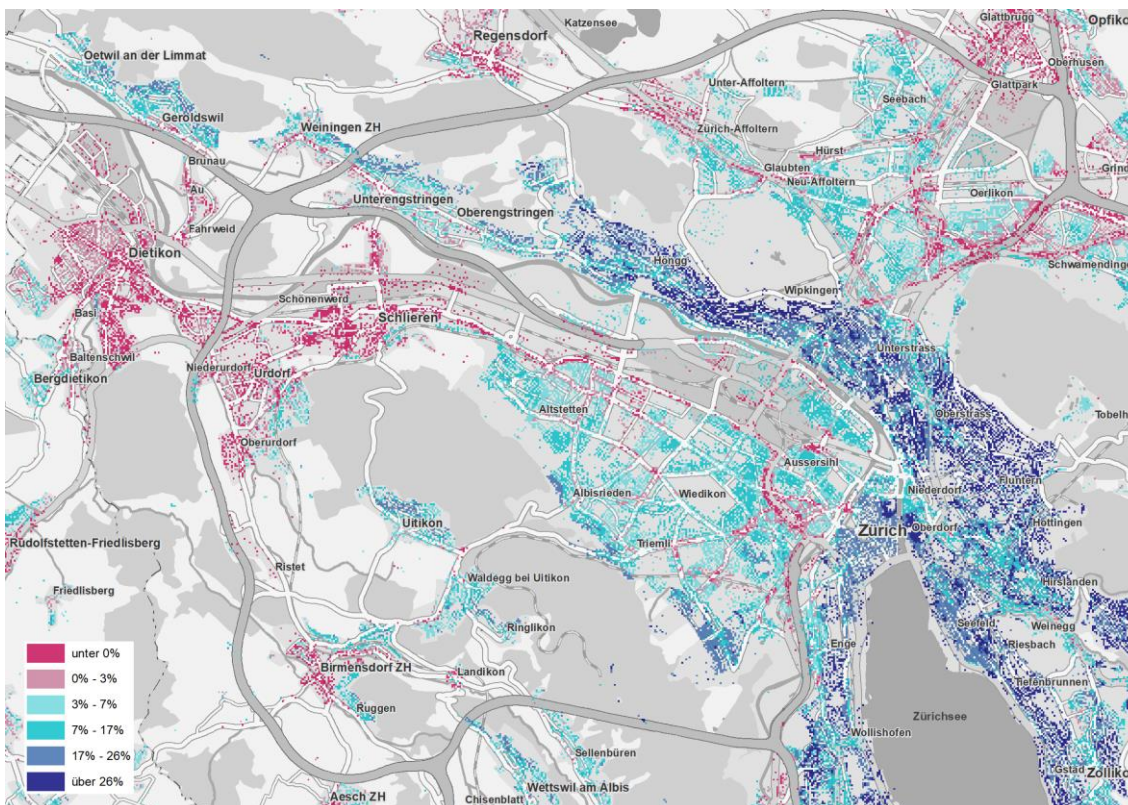


Abbildung 19: Preiseffekt Mikrolage mit Lärm Stockwerkeigentumsmodell Zürich-Schlieren

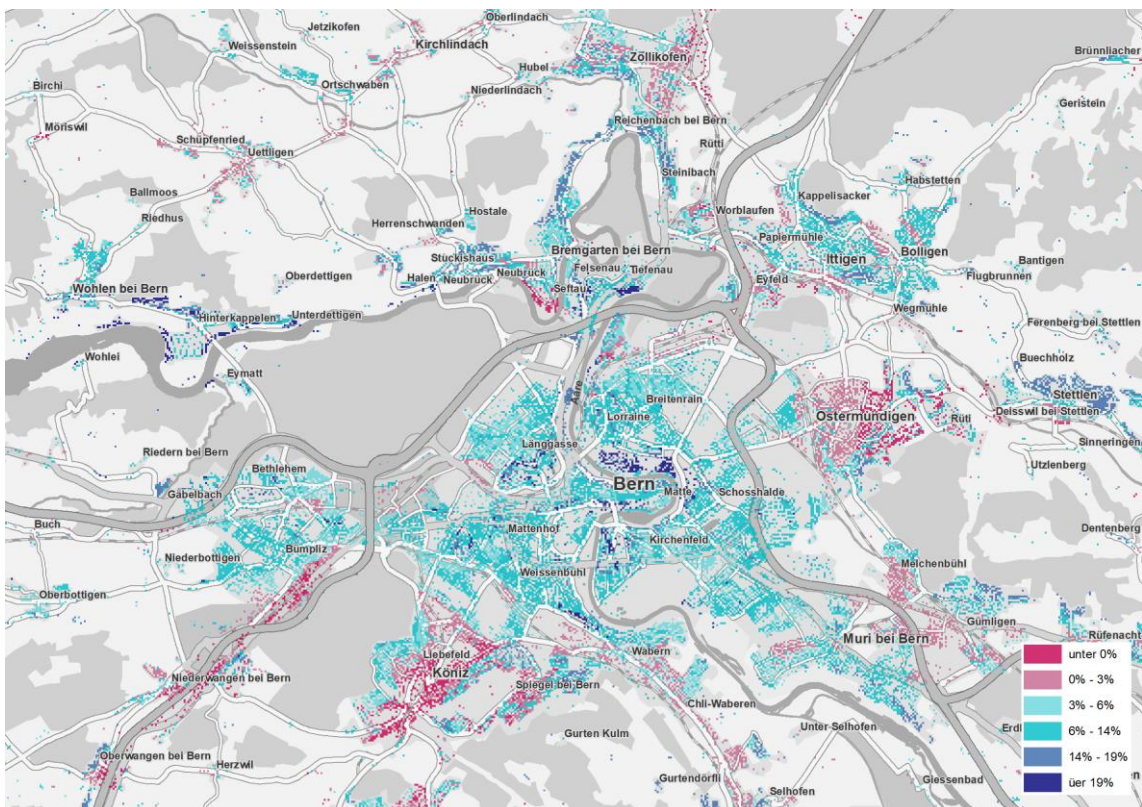


Abbildung 20: Preiseffekt Mikrolage ohne Lärm Stockwerkeigentumsmodell Bern

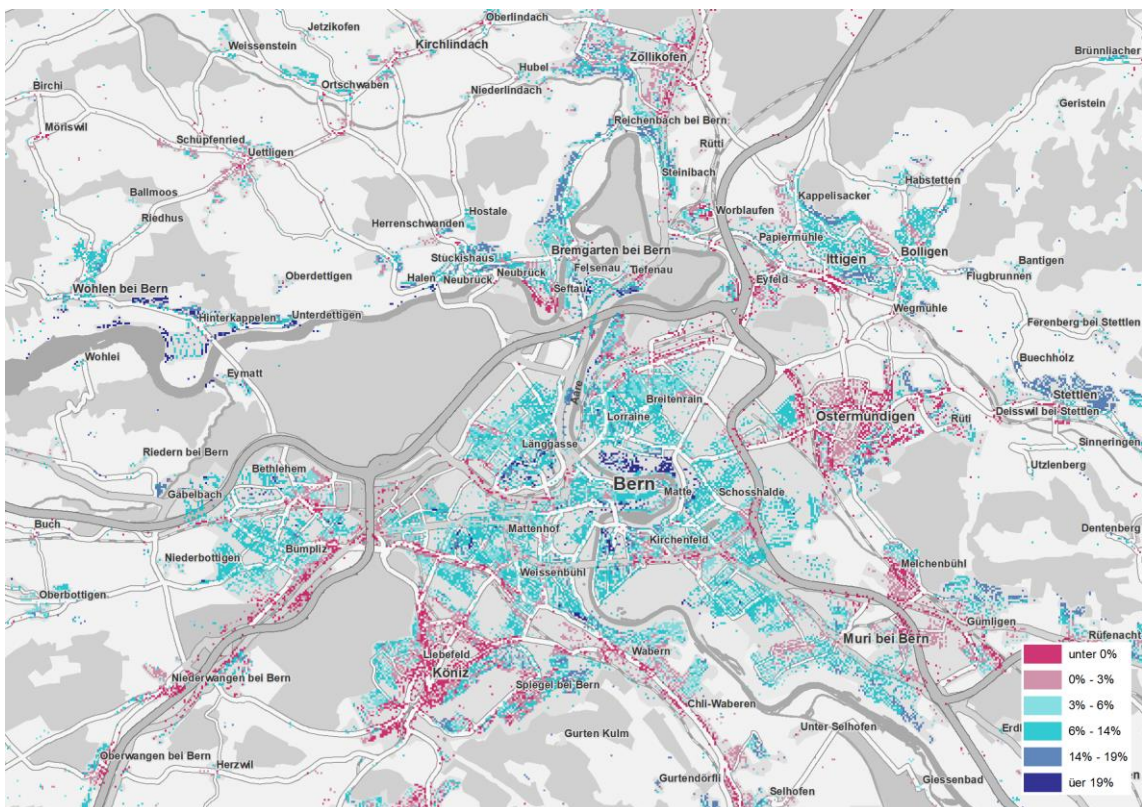


Abbildung 21: Preiseffekt Mikrolage mit Lärm Stockwerkeigentumsmodell Bern

8.4 Verteilung Lageeffekte

Die nachfolgenden Abbildung 22 bis Abbildung 24 zeigen die Verteilung der Lageeffekte (siehe Abschnitt 8.2) in allen Rasterzellen. Die Bildung der 25x25 Meter Rasterzellen wird in Abschnitt 8.3 beschrieben. Rasterzellen sind nicht flächendeckend, sondern nur für Raster vorhanden, in denen es von der Post belieferte Adressen gibt.

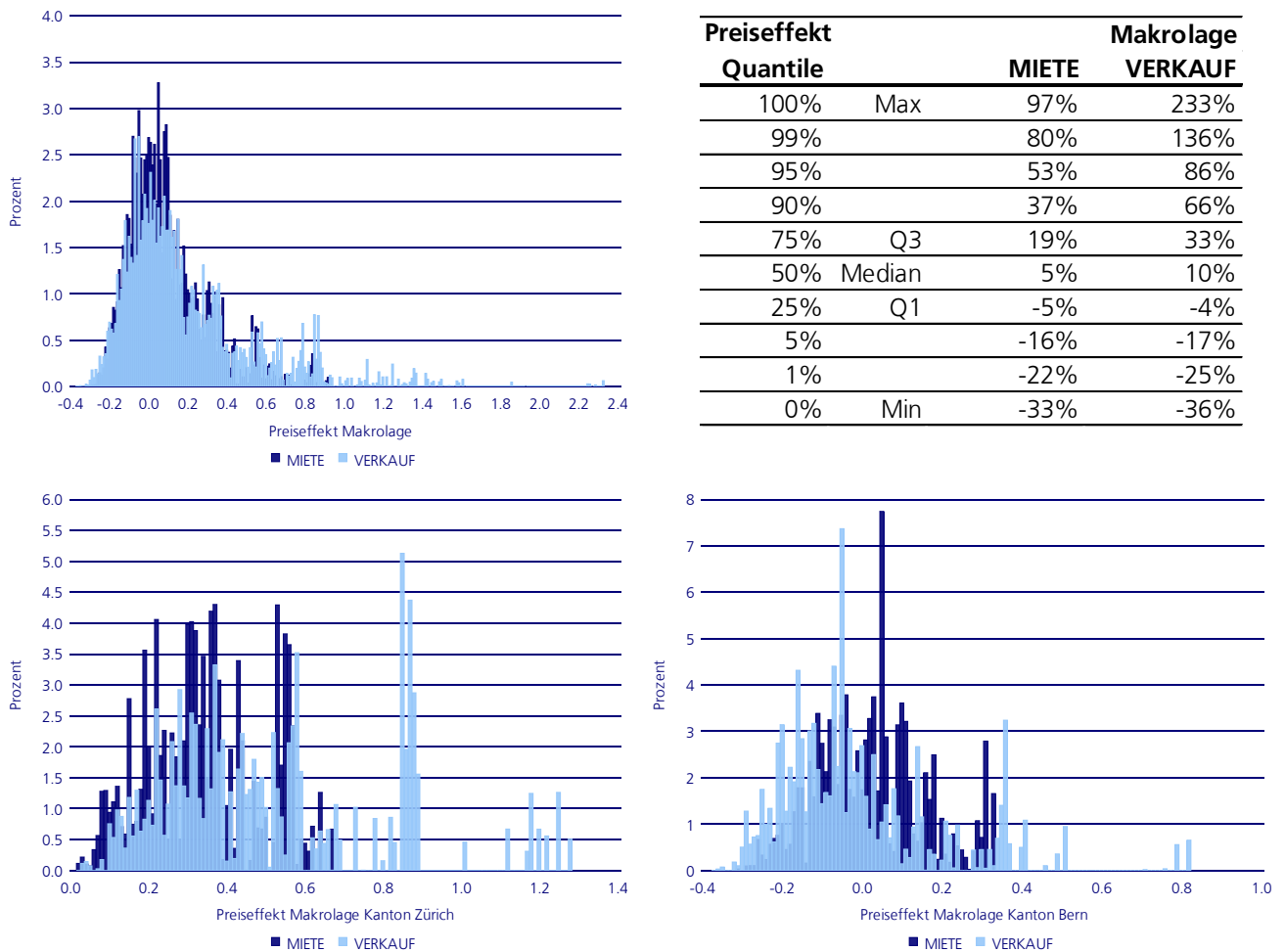
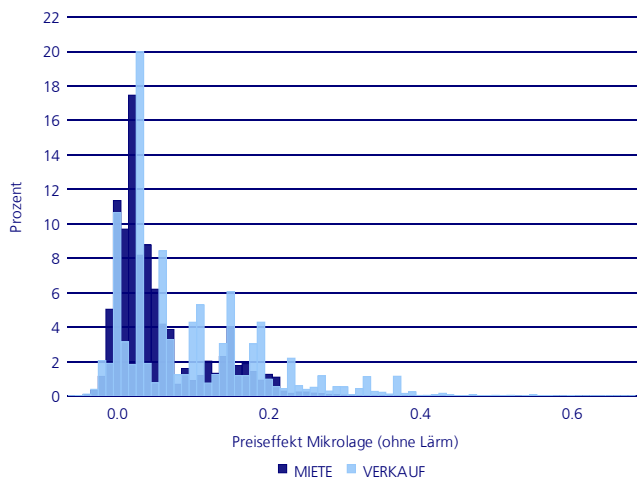


Abbildung 22: Verteilung Makrolagerating Schweiz, Kanton Zürich und Kanton Bern



Preiseffekt		Mikrolage (ohne Lärm)	
Quantile		MIETE	VERKAUF
100%	Max	36%	68%
99%		24%	39%
95%		18%	30%
90%		15%	23%
75%	Q3	7%	15%
50%	Median	3%	6%
25%	Q1	1%	3%
5%		-1%	0%
1%		-2%	-2%
0%	Min	-5%	-5%

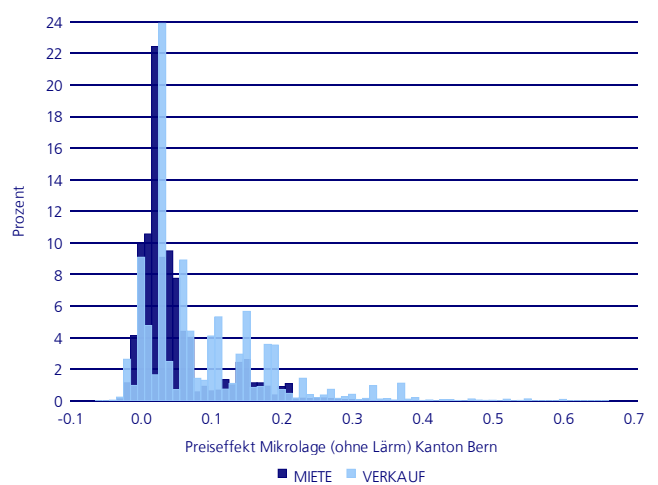
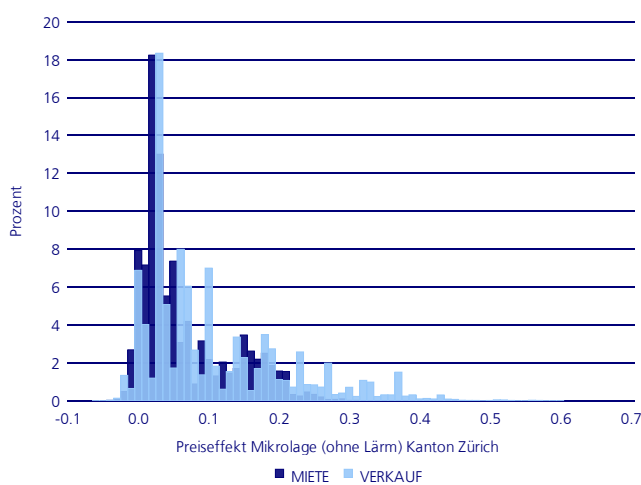
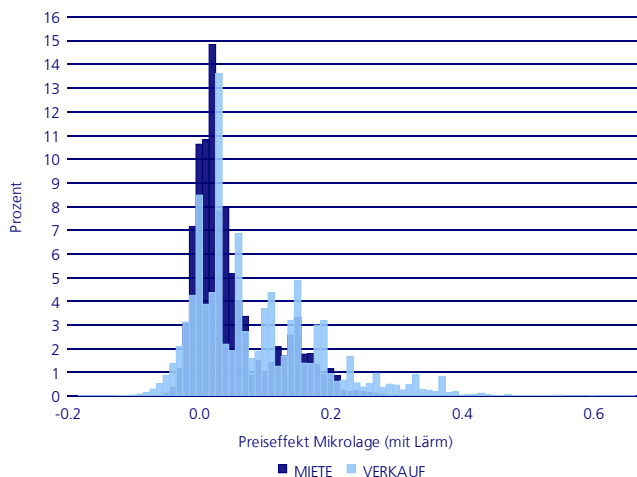


Abbildung 23: Verteilung Mikrolagerating (ohne Lärm) Schweiz, Kanton Zürich und Kanton Bern



Preiseffekt		Mikrolage (mit Lärm)	
Quantile		MIETE	VERKAUF
100%	Max	35%	66%
99%		23%	37%
95%		18%	29%
90%		15%	22%
75%	Q3	7%	15%
50%	Median	3%	6%
25%	Q1	1%	1%
5%		-2%	-3%
1%		-3%	-6%
0%	Min	-8%	-18%

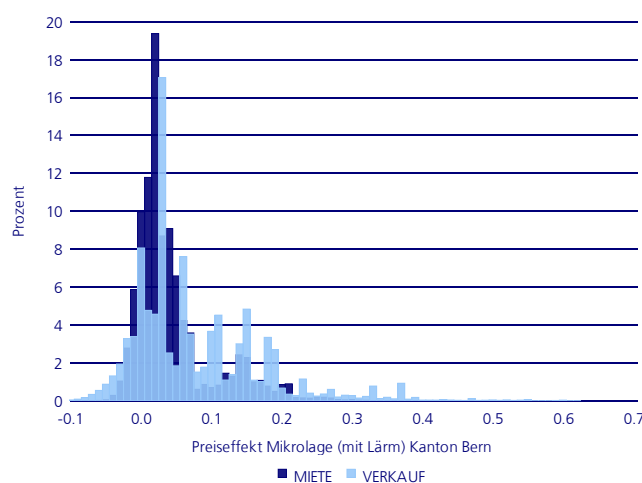
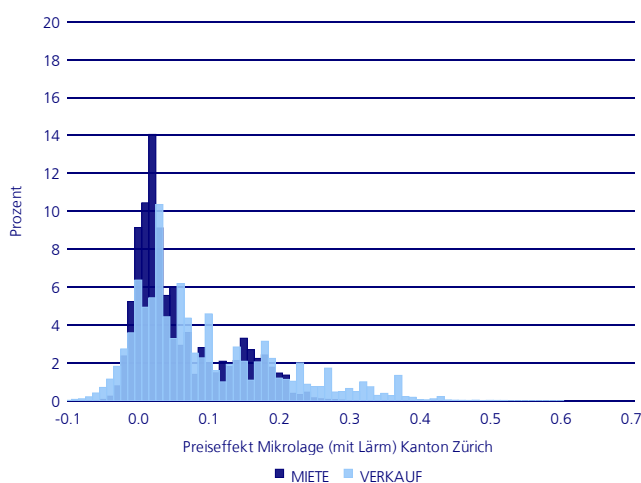


Abbildung 24: Verteilung Mikrolagerating (mit Lärm) Schweiz, Kanton Zürich und Kanton Bern

8.5 Preiseffekt Mikrolage und individueller Lärmwert

Der Preiseffekt der Mikrolage lässt sich auch mit einem individuellen Lärmwert kombinieren. Das kann der gebäude- oder etagenspezifische Lärm an der jeweiligen Lage sein, aber auch ein Lärmwert, der ein Szenario beschreibt. Voraussetzung ist, dass beim Strassen- oder Bahnärm ein Lärmwert gemäss Tag-Abend-Nacht-Pegel vorliegt. Ausgehend vom Lärmkoeffizient berechnet sich der gemeinsame Effekt von Mikrolage und einem Lärmwert gemäss nachfolgender Formel.

$$\begin{aligned} &\text{Preiseffekt Mikrolage mit (Gebäude/Etagen/Szenario-)Lärm} \\ &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * \exp(\text{Lärm-Koeffizient} * (L_{den}-50)) - 1 \end{aligned}$$

Umfasst das Szenario die Lärmwerte von Strassenlärm und Bahnärm, ist die Summe aus den Lärmquellen zu bilden.

$$\begin{aligned} &\text{Preiseffekt Mikrolage mit (Gebäude/Etagen/Szenario-)Lärm} \\ &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * \exp(\text{Summe von Lärm-Koeffizient} * (L_{den}-50)) - 1 \end{aligned}$$

Beispiel: Berechnung gemeinsamer Preiseffekt von Mikrolage und Lärm.

Beträgt der Strassenlärm L_{den} 60dB und der Bahnärm L_{den} 55dB, so berechnet sich der Preiseffekt des Lärms zu einem Preisabschlag von 6.44% (93.56%-1). Ein angenommener Mikrolageaufschlag von 4% wird somit zusammen mit dem Lärmabschlag zu einem gemeinsamen Lageabschlag von 2.7%.

Preiseffekt Mikrolage mit Lärm

$$\begin{aligned} &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * \exp(\text{Koeffizient Strassenlärm} * (60-50) + \text{Koeffizient Bahnlärm} * (55-50)) - 1 \\ &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * \exp(-0.0043 * 10 - 0.0047 * 5) - 1 \\ &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * \exp(-0.0666) - 1 \\ &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * 0.9356 - 1 \\ &= 104\% * 0.9356 - 1 = 97.3\% - 1 = -2.7\% \end{aligned}$$

Alternativ kann man zur Berechnung auch die Preiseffekte (anstatt Koeffizienten) von Strassenlärm und Bahnlärm nutzen. Dann treten die Lärmwerte nicht multiplikativ, sondern im Exponenten auf.

Preiseffekt Mikrolage mit Lärm

$$\begin{aligned} &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * (\text{Preiseffekt Strassenlärm} + 1)^{10} * (\text{Preiseffekt Bahnlärm} + 1)^5 - 1 \\ &= (\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * 99.57\%^{10} * 99.54\%^5 - 1 \\ &= ((\text{Preiseffekt Mikrolage} + 1) * 93.56\% - 1 = -2.7\% \end{aligned}$$

9 Datenlieferung

Dateien	Beschreibung
koeffizienten_mietmodell.xlsx	Koeffizienten Mietmodell und Schätzgenauigkeiten
koeffizienten_stwmodell.xlsx	Koeffizienten STW-Modell und Schätzgenauigkeiten
lagerating_bafu_raster25m.csv	Lagerating Schweiz in 25x25 Meter Raster (Koordinatensystem LV03)
	id25: Raster-ID (Kombination x25 und y25)
	x25: x-Koordinate Raster (unten links)
	y25: y-Koordinate Raster (unten links)
	x25_mitte: x-Koordinate Rastermittelpunkt
	y25_mitte: y-Koordinate Rastermittelpunkt
	pe_rent_mikro_ohne: Preiseffekt Mikrolage ohne Lärm MIETE
	pe_rent_mikro_mit: Preiseffekt Mikrolage mit Lärm MIETE
	pe_rent_laerm: Preiseffekt Lärm MIETE
	pe_rent_makro: Preiseffekt Makrolage MIETE
	pe_sale_mikro_ohne: Preiseffekt Mikrolage ohne Lärm VERKAUF
	pe_sale_mikro_mit: Preiseffekt Mikrolage mit Lärm VERKAUF
	pe_sale_laerm: Preiseffekt Lärm VERKAUF
	pe_sale_makro: Preiseffekt Makrolage VERKAUF

10 Literaturverzeichnis

Richtlinie 2002/49/EG des europäischen Parlaments und Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm / Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften / L 189 / 18.7.2002

Müri Leupp, R. et al. (2011): Ruhe bitte! Wie Lage und Umweltqualität die Schweizer Mieten bestimmen, Zürcher Kantonalbank in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt

BAFU (2014): Lärmbelastung durch Strassenverkehr in der Schweiz. Zweite nationale Lärmberechnung, Stand 2012

BAFU (2018): Lärmbelastung in der Schweiz. Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings sonBASE, Stand 2015

11 Anhang

Tabelle 18: Beschreibung Modellvariable

Variable	Beschreibung	Mietmo- dell	STW- Modell
zimmer1	1 Zimmer (Referenzkategorie)		
zimmer2	2 Zimmer, Dummyvariable	X	X
zimmer3	3 Zimmer, Dummyvariable	X	X
zimmer4	4 Zimmer, Dummyvariable	X	X
zimmer5	5 Zimmer, Dummyvariable	X	X
zimmer6	6 Zimmer, Dummyvariable	X	X
ln_zigroesse	Log(Wohnfläche/Zimmerzahl)	X	X
prop_lift	Lift, Dummyvariable	X	X
prop_fireplace	Cheminée, Dummyvariable	X	X
whgtyp1	Etagenwohnung (Referenzkategorie)		
whgtyp2	Attikawohnung, Dummyvariable	X	
whgtyp3	Terrassenwohnung, Dummyvariable	X	X
whgtyp4	Maisonette / Duplex, Dummyvariable	X	
whgtyp8	Dachwohnung, Dummyvariable	X	X
whgtyp10	Loft, Dummyvariable	X	
alterkN1	Neubau 0 - 3 (Referenzkategorie)		
alterk0	Alter 4 - 9, Dummyvariable	X	X
alterk1	Alter 10 - 19, Dummyvariable	X	X
alterk2	Alter 20 - 29, Dummyvariable	X	X
alterk3	Alter 30 - 39, Dummyvariable	X	X
alterk4	Alter 40 - 49, Dummyvariable	X	X
alterk5	Alter 50 - 59, Dummyvariable	X	X
alterk6	Alter 60 - 69, Dummyvariable	X	X
alterk7	Alter 70 - 79, Dummyvariable	X	X
alterk8	Alter 80 - 89, Dummyvariable	X	X
alterk9	Alter 90 - 99, Dummyvariable	X	X
alterk10	Alter 100 und mehr, Dummyvariable	X	X
bautr_dummy	Baugenossenschaft, Dummyvariable	X	
luxus_uban	Luxusobjekt, Dummyvariable		X
tourism_134314	Touristische Gemeinde, Dummyvariable	X	X

al_pro1	Steuerbelastung alleinstehende Haushalte (in %)	X	
hh_50000	Steuerbelastung Haushalte mit 50'000 SFr. Bruttoeinkommen (in %)	X	X
estv_steuernertr_inc_erw	Steuerertrag Direkte Bundessteuer pro steuerbares Einkommen (nur Erwerbstätige)	X	X
rzeit1_oev	Reisezeit zu Grosszentrum mit öffentlichem Verkehr (in Minuten)	X	X
rp_plz6_miv_norm	Erreichbarkeitspotential Arbeitsplätze PLZ-Ort (relativ)	X	X
kantonzh	Kanton Zürich, Dummyvariable	X	X
kantonge	Kanton Genf, Dummyvariable	X	X
stadt	Zürich, Genf, Bern, Basel, Lausanne, Winterthur, Biel, Luzern, St. Gallen und Lugano	X	X
d_see_f	Seeufer (< 100 Meter), Dummyvariable	X	X
seesicht_d2	Seesicht mittel (>10 und <=100), Dummyvariable	X	X
seesicht_d3	Seesicht gut (>100 und <=200), Dummyvariable	X	X
seesicht_d4	Seesicht sehr gut (>200), Dummyvariable	X	X
berg_d12	mehr als 3 sichtbare Berge, Dummyvariable	X	X
sonnen_hang	Ausrichtung Süden, Südwesten, Westen, Dummyvariable	X	X
slope9	Hangneigung 5 - 9 Grad, Dummyvariable	X	X
slopemax	Hangneigung > 9 Grad, Dummyvariable	X	X
dist_tlm_hvlt_200	Nähe Hochspannungsleitung (< 200 Meter), Dummyvariable	X	X
stadt_dist_bahn_100	Stadt, Nähe Bahnlinie (< 100 Meter), Dummyvariable	X	X
land_dist_bahn_100	keine Stadt, Nähe Bahnlinie (< 100 Meter), Dummyvariable	X	X
stadt_dist_park_300	Stadt, Distanz Park unter 300 Meter, Dummyvariable	X	X
stadt_dist_tlm_wald	Stadt, Distanz Wald (in 1000 Meter)	X	X
land_dist_tlm_wald	keine Stadt, Distanz Wald (in 1000 Meter)	X	X
kantonge_geb_lflug_tag_mean_50	Kanton Genf, Fluglärm Tag > 50 dB (Gebäude, SonBASE)	X	
kantonzh_fluglaerm_em_pa50	Kanton Zürich, Fluglärm Tag > 50 dB (Hektar, EMPA)	X	X
leqstr_den_mean_i_50	Tag-Abend-Nacht-Pegel Lden > 50 dB (Etage, imputiert Gebäude)	X	X
leqbahn_den_mean_i_50	Tag-Abend-Nacht-Pegel Lden > 50 dB (Etage, imputiert Gebäude)	X	X

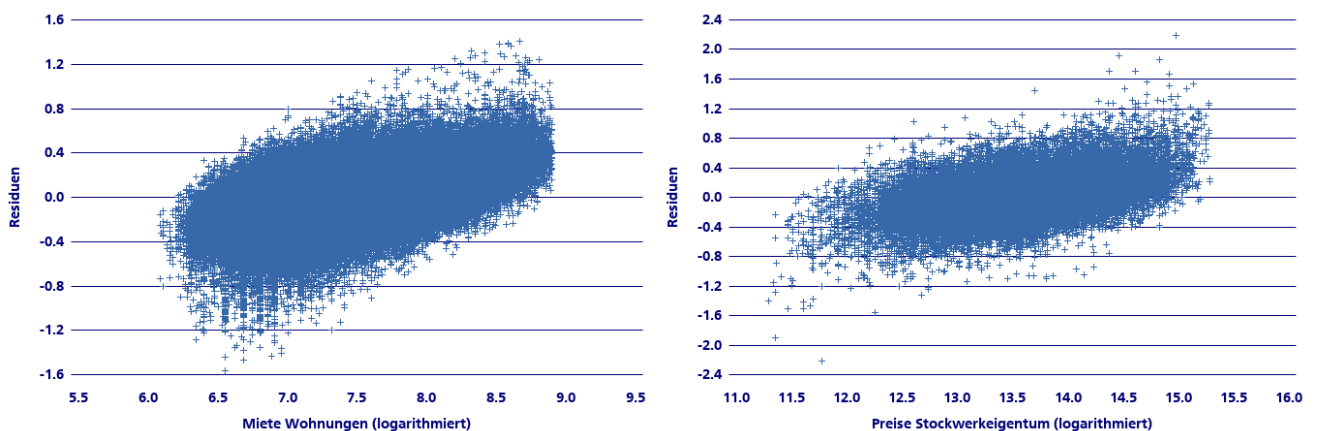


Abbildung 25: Streudiagramm der Residuen