



Ein hedonisches Preismodell für gemietete Parkstände in der Stadt Zürich

Uzeyr Sinan

Betreuer:

Prof. Dr. Kay W. Axhausen

Georgios Sarlas

Bachelorarbeit
Studiengang Bauingenieurwissenschaften

Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Das Problem des Parkplatzangebots.....	4
2	Die Parkraumbewirtschaftung.....	6
2.1	Definition.....	6
2.2	Parkraumangebot.....	7
2.3	Parkgebühren, Parkdauerbeschränkungen und Berechtigungen.....	10
2.4	Ein neuer Ansatz: Nachfrageorientierte Parkraumbewirtschaftung.....	12
3	Hedonische Preismodellierung.....	14
3.1	OLS (<i>Ordinary Least Squares</i>).....	14
3.2	SAR (<i>Spatial Simultaneous Autoregressive model</i>).....	16
3.3	GWR (<i>Geographically Weighted Regression</i>).....	17
3.4	Gewichtungsmatrix und autoregressive Koeffizienten.....	18
4	Datenanalyse.....	19
4.1	Parkplatzpreise.....	19
4.2	Parkraumangebot.....	19
4.3	Weitere Daten.....	20
5	Fallbeispiel Zürich.....	22
5.1	Parkraumangebot.....	22
5.2	Parkplatzpreise.....	38
5.3	Weitere Variablen.....	43
5.4	Relevante Variablen.....	47
6	Resultate.....	50
6.1	Korrelationsmatrix.....	50
6.2	OLS Modell.....	55
6.3	SAR Modelle.....	57
6.4	GWR Modell.....	61
7	Diskussion.....	65
7.1	Vergleich der Modelle.....	65

7.2	Schätzwerte des OLS Modells.....	65
7.3	Schätzwerte der SAR Modelle.....	68
7.4	Schätzwerte des GWR Modells.....	69
8	Ausblick: Die Frage der Entschädigung.....	70
9	Schlusswort.....	72
10	Literaturverzeichnis.....	73

Abbildungsverzeichnis

Titelbild	Quelle: Bundesamt für Strassen ASTRA, Verkehrssignal Nummer 420
Abbildung 1	Anzahl Motorfahrzeuge in der Schweiz zwischen 1990 und 20154
Abbildung 2	Zusammenspiel der Normen und Begriffsdefinitionen.....6
Abbildung 3	Anzahl öffentlicher Parkplätze in der Stadt Zürich.....23
Abbildung 4	Strassenparkplätze in der Stadt Zürich nach Kategorie absolut und prozentual.....26
Abbildung 5	Anzahl Strassenparkplätze in Zürcher Quartieren.....27
Abbildung 6	Anzahl Strassenparkplätze nach Kategorie in Zürcher Quartieren28
Abbildung 7	Strassenparkplätze pro Strassenkilometer in Zürcher Quartieren (R=100m)30
Abbildung 8	Strassenparkplätze pro Strassenkilometer nach Kategorie in Zürcher Quartieren (R=100m).....31
Abbildung 9	Strassenparkplätze pro 100m ² Nutzfläche in Zürcher Quartieren (R=100m)32
Abbildung 10	Strassenparkplätze pro 100m ² Nutzfläche nach Kategorie in Zürcher Quartieren (R=100m).....33
Abbildung 11	Strassenparkplätze pro 100m ² Wohnfläche in Zürcher Quartieren (R=200m)34
Abbildung 12	Parkhäuser mit Anzahl öffentlich zugänglicher Parkfelder in der Stadt Zürich35
Abbildung 13	Privatparkplätze in Zürcher Quartieren.....37
Abbildung 14	Verteilung der Parkplatzmietpreise in Stadt und Kanton Zürich40
Abbildung 15	Mittlere Parkplatzmietpreise in Kanton und Stadt Zürich.....42
Abbildung 16	PW-Besitz in Zürcher Quartieren [Anzahl PW / 1000 Wohneinheiten]44
Abbildung 17	Ein- oder Zwei Personenhaushalte pro ha Land und pro 100m ² Wohnfläche in Zürcher Quartieren (R=300m)45

Abbildung 18	Dichte von ÖV – Haltestellen in Zürcher Quartieren [1/km ²] (R=200m)46
Abbildung 19	Räumliche Variation der Koeffizienten: PW-Besitz.....63
Abbildung 20	Räumliche Variation der Koeffizienten: a) Verhältnis der Privatparkplätze, b) 1-2-Personenhaushalte64
Abbildung 21	Nicht markierte (links) und markierte Strassenparkplätze (rechts) ohne Parkdauerbeschränkung A-5
Abbildung 22	Strassenparkplätze ohne Parkdauerbeschränkung über Nacht..... A-6
Abbildung 23	Strassenparkplätze ohne Parkuhren (hier mit maximaler Parkdauer von 15h) A-6
Abbildung 24	SMI Index zwischen 2008 und 2015..... A-7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Ziele der Parkraumbewirtschaftung und Massnahmen nach SN 640 282 .10
Tabelle 2	Strassenparkplätze in der Stadt Zürich25
Tabelle 3	Privatparkplätze der Stadt Zürich (nach Parkplätze sortiert) 36
Tabelle 4	Vergleich der Parkplatzmietpreise in Stadt und Kanton Zürich 38
Tabelle 5	Parkplatzmietpreise in der Stadt Zürich (nach Mittelwert sortiert) 39
Tabelle 6	Relevante Variablen: Beschreibung48
Tabelle 7	Relevante Variablen: Deskriptive Statistik49
Tabelle 8	Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen51
Tabelle 9	OLS Modell56
Tabelle 10	Resultate des Moran's I Tests57
Tabelle 11	Resultate des Lagrange-Multiplikator-Tests für räumliche Korrelation58
Tabelle 12	OLS und SAR Modelle59
Tabelle 13	GWR Modell62
Tabelle 14	Vergleich der Modelle65
Tabelle 15	Vergleich der SAR Modelle68
Tabelle 16	SARerror Modell A-2
Tabelle 17	SARlag Modell A-3
Tabelle 18	SAC Modell A-4

Bachelorarbeit Studiengang Bauingenieurwissenschaften

Ein hedonisches Preismodell für gemietete Parkstände in der Stadt Zürich

Uzeyr Sinan
IVT
ETH Zürich

CH-8093 Zürich

078 762 19 57
sinanu@student.ethz.ch

Juni 2016

Kurzfassung

Diese Arbeit befasst sich mit der Parkraumbewirtschaftung im Raum Zürich, im Speziellen der Stadt Zürich. Einwohner der Stadt Zürich, welche ein Auto besitzen, haben im wesentlichen zwei Möglichkeiten, um ihr Fahrzeug nahe ihrer Liegenschaft zu parkieren. Sie können einen Privatparkplatz mieten oder sie parkieren auf Strassenparkplätzen. Die Mietpreise der Privatparkplätze werden durch den Markt bestimmt. Strassenparkplätze jedoch sind entweder administrativ bepreist oder gänzlich gebührenfrei. Um den Marktwert dieser Strassenparkplätze zu erfassen, werden ausgehend von den Mietpreisen privater Parkplätze Analysen durchgeführt. So wird anhand von Regressionsanalysen versucht, die Einflüsse verschiedener Faktoren auf die Parkplatzmiete zu bestimmen, und so ein hedonisches Modell geschätzt, welches die Mietpreise für Parkplätze an beliebiger Lage mit gegebenen lokalen Ortseigenschaften beschreiben kann. Der Zugang zum ÖV, die Parkplatzdichte oder der lokale PW Besitz sind nur einige von vielen Faktoren, welche im hedonischen Modell berücksichtigt werden können.

Schlagworte

Nachfrageabhängige Parkraumbewirtschaftung, Hedonisches Preismodell, Parkplatzpreise Zürich

Zitierungsvorschlag

Sinan, U. (2016) Ein hedonisches Preismodell für gemietete Parkstände in der Stadt Zürich, *Bachelorarbeit*, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, Zürich

Dank

Ich danke ganz herzlich Prof. Axhausen für seine konstruktiven Anregungen und Hinweise während meiner ersten wissenschaftlichen Arbeit. Jede Sitzung war stets informativ und wegweisend für mich.

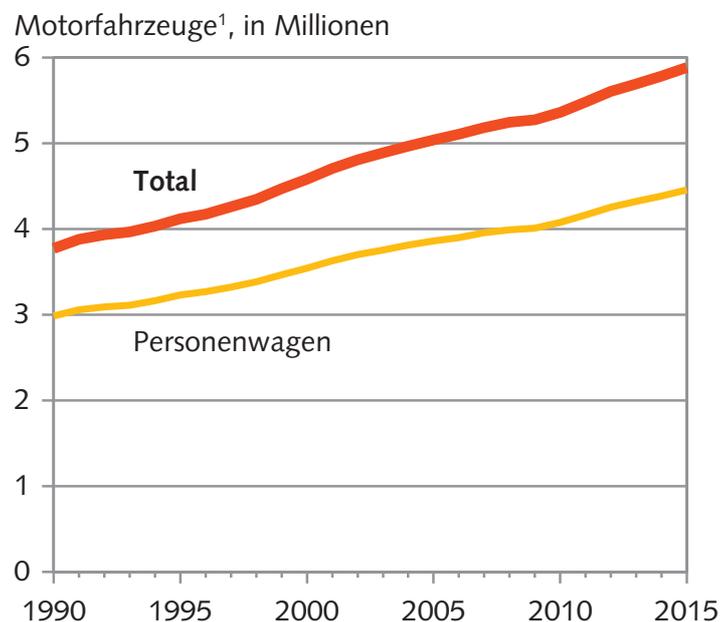
Mein besonderer Dank gilt Georgios Sarlas, der mich durch die ganze Arbeit begleitete und mir stets professionelle Unterstützung bot, vor allem im Umgang mit der Statistik Software R. Auch für die Vorbereitung der in dieser Arbeit verwendeten Daten, welche mit Sicherheit viel Zeit in Anspruch nahm, möchte ich mich nochmals bei ihm bedanken. Ohne seine Hilfe wäre es mir nicht möglich gewesen, in so kurzer Zeit die nötigen Analysen durchzuführen.

Zudem möchte ich meiner Familie danken für ihre Unterstützung und ihr Verständnis, welches sie mir in den letzten Jahren stets entgegengebracht hat.

1 Das Problem des Parkplatzangebots

Der Motorfahrzeugbestand in der Schweiz ist stetig am steigen. Lag die Zahl Anfang der 90er Jahre noch bei 3.8 Millionen Motorfahrzeugen, ist diese bis 2015 um über 55 Prozent auf rund 5.9 Millionen angestiegen (BFS, 2016). Da der Bestand an Fahrzeugen steigt und jedes Fahrzeug stets zwischen zwei Parkfeldern verkehrt, muss zwingend auch die Nachfrage nach Parkplätzen ansteigen. So verbringt ein Personenwagen rund 95 Prozent seiner Lebenszeit auf einem Parkplatz (Shoup, 2011, S. 6), welcher Bauland von einem gewissen Wert in Anspruch nimmt. Je nach Parkplatzangebot und der Anzahl Fahrzeuge in einem Gebiet ist die Nachfrage höher oder tiefer. Sie ist hoch, wenn das Parkplatzangebot knapp ist und dennoch viele Autofahrer ihr Fahrzeug parkieren wollen. Dies führt dazu, dass sich Autofahrer auf die Suche nach freien Parkplätzen machen, was wiederum negative externen Effekte mit sich bringt. Da dies in urbanen Gebieten oft der Fall ist, werden zunehmend Lösungen gesucht und Massnahmen ergriffen.

Abbildung 1 Anzahl Motorfahrzeuge in der Schweiz zwischen 1990 und 2015



Quelle: BFS (2016)

Es gibt zwei Möglichkeiten, dieses Problem zu lösen. Entweder die hohe Nachfrage wird dem tiefen Angebot angepasst oder es wird versucht, die Nachfrage zu dämmen, so dass sich ein Gleichgewicht einstellt und die negativen Folgen beseitigt werden können. Wer sich für den zweiten Ansatz entscheidet, also die Nachfrage dem Parkplatzangebot anpassen möchte, muss

sich mit der Parkraumbewirtschaftung auseinandersetzen. Da das Parkplatzproblem ein weltweites ist und mit dem globalen Anstieg des Wohlstandes immer weitere Länder und Städte damit konfrontiert werden, gab es viele Bemühungen seitens Verkehrs- und Raumplaner Ansätze für die Behebung dieses Problems zu entwickeln. In den folgenden Kapiteln wird auch anhand von Fallbeispielen auf diese Thematik eingegangen.

In dieser Arbeit wird der Fokus auf die Bewirtschaftung von öffentlichen Strassenparkständen in der Stadt Zürich gelegt. Ein Problem in Zürich besteht darin, dass für Anwohner zwei Möglichkeiten bestehen ihr Auto zu parkieren. Entweder sie erwerben einen privaten Parkplatz und zahlen den entsprechenden Miet- oder Kaufpreis oder sie parkieren auf öffentlichen Parkplätzen am Strassenrand und nehmen nebst administrativen Preisen auch allfällige Zugangs- und Suchzeiten in Kauf. Da das Parkieren am Strassenrand wesentlich günstiger oder teilweise sogar gebührenfrei ist, entscheiden sich viele Anwohner dafür und es besteht eine Nachfrage nach diesen Strassenparkständen. Die Parkstände haben also einen Wert, welcher aber seitens der Stadt nicht abgeschöpft wird.

Mit geeigneten Modellansätzen wird im Verlaufe dieser Arbeit versucht, diesen Wert von Parkständen am Strassenrand zu eruieren und die Abhängigkeit dessen von verschiedenen Faktoren zu erfassen. Dazu wird im ersten Kapitel zunächst auf die grundlegenden Theorien und Ansätze der Parkraumbewirtschaftung eingegangen. Dann findet eine Einführung in die Theorie der hedonischen Preismodellierung statt und es wird auf die verschiedenen hedonischen Methoden eingegangen. Diese bilden die Grundlage für die Analyse der Preise für Parkplätze in der Stadt Zürich. Hierfür widmet sich ein Kapitel der Beschreibung der Lage in Zürich, um die Resultate der hedonischen Analyse, auf die darauffolgend eingegangen wird, besser interpretieren zu können.

Zum Schluss wird dann als weiterführender Aspekt auch kurz der Frage nachgegangen, ob Hauseigentümer oder Mieter, welche aufgrund einer Bepreisung von Strassenparkständen mit monetären Mehrkosten konfrontiert wären, ein Anrecht auf Entschädigung hätten. Die eventuelle Finanzierung dieser Entschädigung wird ebenfalls diskutiert werden.

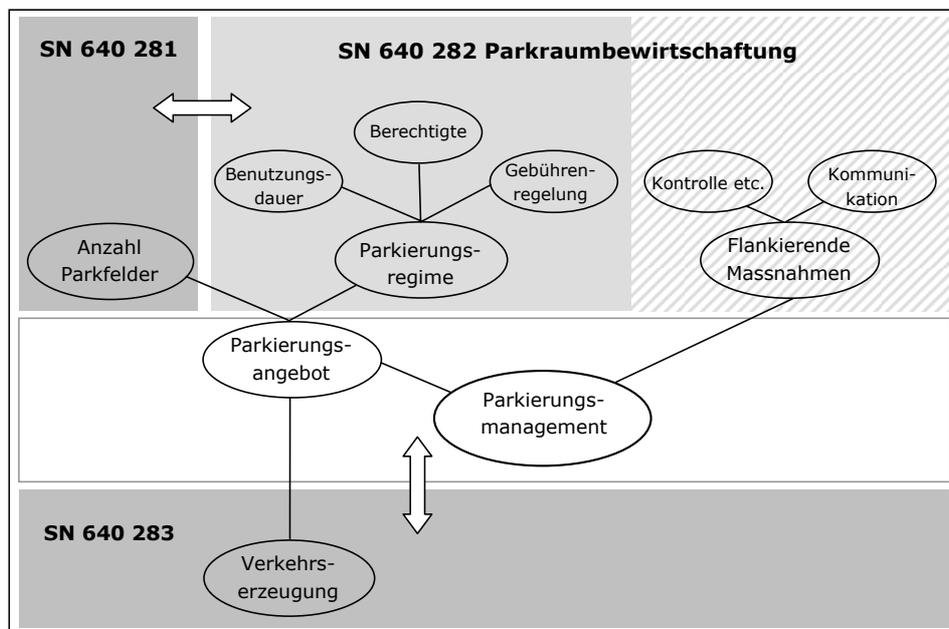
2 Die Parkraumbewirtschaftung

Der erste Teil dieses Kapitels befasst sich mit der Definition der Parkraumbewirtschaftung. Anschliessend wird auf die einzelnen Massnahmenbereiche gemäss gewählter Definition eingegangen. Schliesslich wird der Ansatz der nachfrageorientierten Parkraumbewirtschaftung näher erläutert.

2.1 Definition

Die Schweizer Norm SN 640 282 für den Betrieb und die Bewirtschaftung von Parkieranlagen, befasst sich mit der Ausgestaltung des Parkierungsregimes. Als Parkierungsregime bezeichnet die Norm die Gesamtheit aller Bestimmungen für die Benutzung einer Parkieranlage. Es beschreibt also die Regeln der Parkplatznutzung wie Berechtigungen, Benützungsdauern und Gebühren. Interessanterweise umfasst die Parkraumbewirtschaftung gemäss Norm weder die Bestimmung der Anzahl Parkfelder noch die Kontrolle des Parkraums (Rapp und Loewenguth, 2011). Diese stehen aber gemäss Abbildung 2 in direkter Abhängigkeit zur Parkraumbewirtschaftung.

Abbildung 2 Zusammenspiel der Normen und Begriffsdefinitionen



Quelle: Schneider, Bäumlner und Seeholzer (2008)

Des Weiteren definiert die Norm SN 640 282 mögliche Ziele der Parkraumbewirtschaftung und entsprechende Massnahmen, welche für jede Kategorie des Parkierungsregimes einzeln aufgezählt werden. So wird für das Ziel „Sicherung Angebot Kurzzeit-Parkfelder“ die Massnahme „hohe, progressive Gebühr“ vorgeschlagen, welche in die Kategorie „Gebührenregelung“ fällt.

Schneider, Bäumler und Seeholzer (2008) bezeichnen schliesslich die Parkraumbewirtschaftung im weitesten Sinn als Massnahmen bzw. Massnahmenkonzepte, welche die Verfügbarkeit von Parkraum regeln. Gestützt auf die Literatur zur Thematik stellen sie diese Massnahmenkonzepte der Parkraumbewirtschaftung wie folgt zusammen (Schneider et al., 2008, S. 2):

- Parkraumangebot sowie dessen räumliche Verteilung
- Parkgebühren
- Parkdauerbeschränkung
- Bevorrechtigung bestimmter Nutzergruppen wie Anwohner oder Lieferverkehr
- Überwachung und Durchsetzung.

Dabei beziehen sich Massnahmen zum Parkraumangebot hauptsächlich auf Parkplätze auf privatem Grund, da das Angebot im öffentlichen Raum meist mit der Erstellung von neuen Strassenabschnitten verbunden ist, was im Vergleich zu Neubauten weniger oft der Fall ist. Aufgehobene Strassenparkplätze sind da natürlich eine Ausnahme. Die Massnahmen für Parkgebühren, Parkdauerbeschränkungen und Bevorrechtigungen hingegen zielen hauptsächlich auf öffentliche Parkplätze ab, da privaten Parkplatzbesitzern prinzipiell freisteht, wie sie ihr Eigentum bewirtschaften.

Nach dieser allgemeinen Einführung soll im Folgenden nun detailliert auf die praktischen Anwendungen der Massnahmenkonzepte eingegangen werden.

2.2 Parkraumangebot

Mit der Verbreitung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) stieg auch die Nachfrage nach Abstellplätzen. Da Strassenparkplätze nur in beschränkter Zahl zur Verfügung stehen, werden seit gut 80 Jahren das Erstellen von Parkplätzen für Grundeigentümer vorgeschrieben. Damit soll verhindert werden, dass Grundeigentümer ihren Parkplatzbedarf und eventuell auch die ihrer Mieter und Gäste nicht auf öffentlichen Strassenparkplätzen auf Kosten von Dritten decken (Axhausen, 2006, S. 2).

In den USA, wo 99 Prozent der Strassenparkplätze gemäss Shoup (2011, S. 8) gebührenfrei sind, wird die Anzahl benötigter Parkplätze für Neubauten auf zweierlei Weise bestimmt. Entweder würden die Raumplaner ohne zu hinterfragen die Richtlinien für den Bedarf an Parkständen für bestimmte Neubauten von anderen Städten kopieren, oder die Informationen würden vom *Institute of Transportation Engineers* (ITE) beschafft (Shoup, 2011, S. 26). Dieser Verein sammelt in US-amerikanischen Städten, Vorstädten und ländlichen Gebieten Studien, um die Nachfrage an Parkständen für verschiedene Nutzungen zu erfassen und veröffentlicht ihre Resultate als *Parking Generation* (ITE, 2010). In den ersten Ausgaben wurde die Nachfrage stets zu Spitzenzeiten erfasst und eine Rate erstellt, welche die durchschnittliche Anzahl benötigter Parkplätze in Abhängigkeit zu einer Variable (Nutzfläche in Restaurants, Anzahl Zimmer in einem Hotel) setzte. In neueren Ausgaben werden gemäss ITE vermehrt auch verschiedene Uhrzeiten einbezogen sowie unter fünf Landtypen unterschieden (Stadtzentrum, Vorstadt etc.). Dennoch stammten die Daten der Studien noch immer überwiegend aus vorstädtischen Gebieten zu Nachfragespitzen und bei gebührenfreien Parkplätzen (ITE, 2010).

Shoup (2011) kritisiert diese Vorgehensweise bei der Bestimmung der Nachfrage in drei Punkten. Erstens würden gebührenfreie Parkplätze die Raten in die Höhe treiben. Studien hätten gezeigt, dass beispielsweise die Nachfrage für durch Arbeitgeber bezahlte Parkplätze, was für die Arbeitnehmer gleichbedeutend ist mit gebührenfreiem Parkieren, um einen Drittel höher liegt als wenn jeder Arbeitnehmer selber bezahlen müsste. Zweitens argumentiert er, dass in suburbanen Gebieten der Zugang per öffentlichem Verkehr oder zu Fuss erschwert ist und deshalb alle nur mit dem Auto anreisen würden, was wiederum die Raten in die Höhe treibe. Als dritten Kritikpunkt nennt er den Fokus der Studien auf Nachfragespitzen. Diese würden für bestimmte Nutzungen nur einige Stunden pro Jahr eintreten. Deshalb ist er der Auffassung, dass die Raten dieser Studien viel zu hoch angesetzt sind und somit unnötige Kosten verursachen (Shoup, 2011, S. 32).

Die Folgen dieser Überdimensionierung aufgrund der Erstellungspflicht stellt Shoup (2011) ebenfalls dar: Er schätzt den Kapitalwert des gesamten Parkraums in den USA und kommt zum Schluss, dass alle Parkstände gleichviel Wert sind wie alle Fahrzeuge und Strassen im Land zusammen (2.5 Trillionen USD in 1997). Dem stehen im selben Jahr Einnahmen von 6.6 Milliarden USD aus Parkgebühren und 90 Milliarden USD aus Mineralölsteuern gegenüber. Anstelle der Automobilisten trägt also die Allgemeinheit diese hohen Kosten der minimalen Parkplatzanforderungen (Shoup, 2011, S. 210).

Wie in den USA gibt es auch in der Schweiz eine Parkplatzerstellungspflicht. National bietet die Schweizer Norm einen Ansatz, indem sie gewisse Richtlinien vorschreibt und

Empfehlungen abgibt aber rechtlich auch nicht bindend ist, denn es ist den Schweizer Kantonen und Gemeinden überlassen, ihre Gesetze und Verordnungen den Normen anzupassen. Die Schweizer Norm SN 640 281 gibt Verfahren vor, wie das Parkplatzangebot je nach Verkehrsintensität, Standort-Typ, Nutzung etc. bestimmt werden kann. Gemäss Axhausen (2006) stellt diese Norm einen sinnvollen Kompromiss dar, der sowohl die Interessen der Allgemeinheit als auch die der Bauherren berücksichtigt. Den rechtlichen Rahmen bilden die Gesetze und Verordnungen auf kantonaler und kommunaler Ebene. Im Kanton Zürich beispielsweise gilt das Planungs- und Baugesetz (PBG, 1975). Die Aufgabe zur Festlegung der genauen Zahl an Abstellplätzen wird im ersten Absatz des Artikel 242 im PBG der Bau- und Zonenordnung auf die kommunale Ebene übertragen. Des Weiteren beschreibt das Gesetz die Anforderungen an Fahrzeugabstellplätze wie folgt:

„Im Normalfall soll die Zahl der Abstellplätze so festgelegt werden, dass die Fahrzeuge der Benutzer einer Baute oder Anlage ausserhalb des öffentlichen Grundes aufgestellt werden können. Besteht ein überwiegendes öffentliches Interesse, (...), kann die Zahl der erforderlichen Plätze tiefer angesetzt und die Gesamtzahl begrenzt werden.“ (PBG Kt. Zürich §242 Abs.2)

Die Entlastung des öffentlichen Raumes steht also im Vordergrund. Nach Griffel (2014) sieht das PBG in den Artikeln 242 bis 246 eine Kaskadenordnung vor: Ist die Erstellungspflicht real nicht erfüllbar, kann eine Beteiligung an einer Gemeinschaftsanlage angeordnet werden. Als letzte Möglichkeit ist eine Ersatzabgabe zu leisten (Griffel, 2014, S. 161).

Den Gemeinden steht unter Einhaltung des PBG frei, wie hoch sie die Mindestanzahl an zu erstellenden Abstellplätzen in ihren Bau und Zonenordnungen festlegen. So ist seit 10. Juli 2014 in der Stadt Zürich die neue Parkplatzverordnung (PPV) in Kraft getreten, welche die minimal erforderlichen und maximal zulässigen privaten Abstellplätze vorgibt. Dabei hängt die Zahl der Abstellplätze für ein Grundstück von deren Nutzweise, dem Erschliessungsgrad, der Einhaltung der Belastungsgrenzwerte sowie von den Anforderungen des Ortsbildschutzes ab. Das erste Kriterium, die Nutzweise des Grundstücks, bestimmt dabei den Normalbedarf an Abstellplätzen. Auf Grundlage der restlichen Kriterien wird dann bestimmt, welcher Prozentsatz des Normalbedarfs minimal bzw. maximal erstellt werden muss bzw. kann. Unter Einhaltung der Grundsätze dieser Verordnung können für spezielle Nutzungen wie Spitäler oder Sportanlagen Richtwerte von Normenwerken wie der SN 640 281 herbeigezogen werden. (Stadt Zürich, 2010, PPV §3-§6).

Zum bestehenden Parkraumangebot auf öffentlichem Grund in der Stadt Zürich wird im Kapitel über die Fallstudie Zürich detailliert eingegangen werden.

2.3 Parkgebühren, Parkdauerbeschränkungen und Berechtigungen

Dass Private von Dritten ein Entgelt für das Parkieren auf ihrem Grundstück verlangen ist selbstverständlich. Doch ebenso war bis vor einigen Jahrzehnten das unbegrenzt gebührenfreie Parkieren in Schweizer Städten der Normalfall. Infolge starker Zunahme des MIV und der Knappheit des Parkraums begann die Suche nach Lösungen. Das Problem zahlloser Autos, welche auf Trottoirs parkieren und Fussgängern den Weg versperren ist heute nicht mehr vorzustellen.

Da das Erstellen von neuen Parkplätzen auf öffentlichem Raum nur beschränkt möglich ist, wurde in den 80er Jahren den Zürcher Behörden klar, dass öffentliche Parkplätze bewirtschaftet werden müssen um verkehrsplanerische Ziele zu erreichen bzw. das Parkplatzproblem überhaupt erst lösen zu können (Kippe, 1984). Wie jedoch die Bepreisung von öffentlichen Parkplätzen zu gestalten ist, beschäftigt die Verkehrs- und Raumplaner bis heute. Nicht nur die Bepreisung, auch die Regelung der Dauern und Berechtigungen sind wichtige Aspekte der Bewirtschaftung.

Je nach Ziel kann die Parkgebühr erhöht, verringert oder der Nachfrage angepasst werden. Die Parkierdauer kann verkürzt, hochgehalten oder dem Bedürfnis potenzieller Nachfragegruppen angepasst werden. Eine Berechtigung kann Langzeitparkierer wie Anwohner oder nur einzelne Benutzergruppen in bestimmten Zeitfenstern umfassen (SN 640 282, 2009). In der Schweizer Norm SN 640 282, welche auf die Forschungsarbeit von Schneider et al. (2008) zurückgeht, werden die oben genannten Massnahmen diversen planerischen Zielen zugeordnet. In der folgenden Tabelle sind diese Ziele und Massnahmen dargestellt.

Tabelle 1 Ziele der Parkraumbewirtschaftung und Massnahmen nach SN 640 282

Ziele	Massnahmen Gebührenregelung	Massnahmen Parkierdauer	Massnahmen Berechtigte
Minimierung Verkehrsaufkommen MIV	(Prohibitiv) hohe (evtl. degressive) Gebühr, geringe Gebühr (Belegung durch Langzeitparkierer)	Hohe Parkierdauer	Zuweisung an Langzeitparkierer (Anwohner, Beschäftigte)
Sicherung Angebot Kurzzeit-Parkfelder	Hohe (progressive) Gebühr	Kurze maximale Parkierdauer	-

Priorisierung Kurzzeitparkierung ohne Verhinderung Langzeitparkieren	Hohe, stark progressive Gebühr	-	-
Fernhalten bestimmter Benutzergruppen	Hohe Gebühr während des Zeitraums und der Parkierdauer der anvisierten Benutzergruppen	Maximale Parkdauer geringer als Zeitdauer der Aktivität	Eingrenzen der Berechtigten (Angebot nur „für Andere“)
Effiziente Nutzung eines knappen Parkfelder-Angebots	Hohe (progressive Gebühr)	Kurze maximale Parkierdauer	Einzelne Benutzergruppen in bestimmten Zeitfenstern erlauben
Erhöhung der Rentabilität	Unterschiedliche Gebührenstaffelung je nach Nachfrage oder Zeitfenster; Gebührenerhöhung im Umfeld der Parkierungsanlage	Anpassen der Parkierdauer an Bedürfnisse potenzieller Nachfragegruppen; maximale Parkierdauer im Umfeld verringern	Berechtigtenkreis ausweiten; im Umfeld der Parkierungsanlage gegebenenfalls Berechtigte einschränken

Quelle: SN 640 282 Parkieren: Betrieb und Bewirtschaftung von Parkieranlagen Tab.3 (2009)

Anscheinend ist die Fülle an möglichen Massnahmen sehr gross, was eigentlich nicht verwundern sollte. Ob die Massnahmen aber auch Anwendung finden, ist eine andere Frage. Interessant ist es zu sehen, dass weltweit oft noch darauf verzichtet wird, gezielte Massnahmen der Parkraumbewirtschaftung anzuwenden um das Parkplatzproblem zu lösen.

In den USA beispielsweise können gemäss Shoup (2011, S. 8) 99 Prozent der Autofahrer gebührenfrei parkieren, was zeigt, dass dort die Parkraumbewirtschaftung noch sehr selten ist. Deshalb vielleicht sah sich Donald Shoup, ein Professor für Ökonomie, gezwungen, ein umfangreiches Werk zu verfassen namens *The High Cost of Free Parking* (2006). Darin beschreibt er die Problematik gebührenfreier Parkplätze und stellt schliesslich auch einen neuen Mechanismus der Preissetzung vor, welcher im folgenden Abschnitt behandelt wird.

2.4 Ein neuer Ansatz: Nachfrageorientierte Parkraumbewirtschaftung

Die Probleme, welche auf gebührenfreies Parkieren zurückgehen, fasst Shoup (2011) wie folgt zusammen: Ist die Nachfrage nach Parkplätzen höher als das Parkplatzangebot, so beginnen Autofahrer, welche keinen freien Parkstand finden können, danach zu suchen. Dies erzeugt Suchverkehr, welcher das Strassennetz zusätzlich belastet und abgesehen von Zeit- und Geldkosten auch Lärm und Luftverschmutzung verursacht. Wer einen freien Parkstand findet, sieht wiederum keinen Grund, ihn so rasch wie möglich für andere Benützer wieder freizugeben, da ja keine Gebühren anfallen. Der generierte Suchverkehr ist nicht zu unterschätzen, so liegt dessen Anteil am innerstädtischen Strassenverkehr im Durchschnitt bei 30 Prozent (Shoup, 2011, S. 290).

Als Lösung schlägt Shoup (2011) vor, die Parkgebühren so anzusetzen, dass stets ein freier Parkplatz in einem Strassenabschnitt bestimmter Länge verfügbar ist bzw. eine Belegung von 85 Prozent aller Parkplätze erreicht wird. So ist sichergestellt, dass kein Suchverkehr generiert wird. Der Preis wird also durch die Nachfrage bestimmt. Zu Zeiten höherer Nachfrage steigen die Gebühren und bei geringer Nachfrage sinken sie bis zu einem Minimalwert ab. Damit wäre gewährleistet, dass jeder, der bereit ist den entsprechenden Preis zu zahlen, immer einen freien Parkplatz findet und somit die Suchzeit sowie die negativen externen Effekte des Suchverkehrs verschwinden. Kurzzeit-Parkierer, Fahrgemeinschaften oder Personen, für welche die Zeit genügend Wert ist, hätten so die Möglichkeit, gegen entsprechende Gebühr jederzeit zu parkieren. Wer dazu nicht bereit ist, könnte auf die umliegenden Parkhäuser oder Strassenabschnitten mit niedrigerer Nachfrage und somit tieferem Preisniveau ausweichen, müsste aber die höhere Zugangszeit sowie den längeren Laufweg in Kauf nehmen (Shoup, 2011, S. 297 ff.).

Damit die Gebühren auf Strassen auch wirklich dem Marktpreis entsprechen und private Parkieranlagen rentieren können, müssten Regulationen bezüglich Parkraumangebot für Private aufgehoben werden, sodass sich die Bewirtschaftung von Parkhäusern lohnt. Damit wäre auch sichergestellt, dass nur so viele Parkstände seitens Privater gebaut werden wie der Grenzertrag positiv ist d.h. eine Rendite erzielt werden kann. Ein zusätzlicher Parkplatz würde den Gewinn mindern, was die Parkhausbesitzer davon abhielte zu viele Parkstände zu bauen (Shoup, 2011, S. 496).

Schneider, Bäumlner und Seeholzer (2008) sind der Meinung, dass sich aus den für die USA aufgestellten Thesen von Shoup (2011) auch eine Gültigkeit für die Schweiz ableiten lässt. So sei auch in der Schweiz das Parkierungsmanagement nicht zur vollen Zufriedenheit aller Beteiligten geregelt. Der Bauzwang schränke die Gestaltungsfreiheit des Bauherrn ein, welcher

entweder zu hohen Ausgaben für unnötige Parkfelder führe oder den wirtschaftlichen Betrieb durch Obergrenzen erschwere. Sie finden, dass die Bewirtschaftung des öffentlichen Raumes notwendig ist als Preissignal für die Erstellung zusätzlicher privater Parkstände (Schneider et al., 2008, S. 12).

Die Einnahmen der öffentlichen Hand aus der Bewirtschaftung des Parkraums könnten reinvestiert werden, so dass jeder davon profitiert. Die Nachbarschaft könnte so verschönert werden. Weitere Investitionen in den öffentlichen Verkehr kämen auch den Autofahrern zugute, da viele auf den ÖV umsteigen werden könnten und somit der Individualverkehr entlastet würde. Dies würde, so ist sich Shoup (2011) überzeugt, die Akzeptanz der Bevölkerung für die nachfrageorientierte Bewirtschaftung des öffentlichen Parkraums sichern (Shoup, 2011, S. 428).

Die Ansätze von Shoup (2011) fanden schon praktische Anwendung in den USA, genauer in Kalifornien. In einem grossflächig angelegten Pilotprojekt namens *SFpark* (für „San Francisco Parking“) wurde im Jahre 2011 die nachfrageorientierte Parkraumbewirtschaftung in bestimmten Quartieren von San Francisco eingeführt. Die aktuellen Parkplatzpreise von Strassen und Parkhäusern sowie deren Verfügbarkeiten konnten jeweils über das Internet in Echtzeit abgerufen werden. Möglich machten dies Sensoren an jedem Parkstand, welche die Belegung messen konnten und mit einem Netzwerk verbunden waren. Auf Grundlage dieser Informationen wurden die Preise dann der Nachfrage angepasst und die Benutzer über die aktualisierten Parkgebühren informiert. *SFpark* zielte auf eine Belegung der Parkplätze von 60 bis 80 Prozent ab, um zu gewährleisten, dass stets genügend freie Parkplätze vorhanden waren. Lag die Belegung über 80 Prozent, wurde die Gebührenrate um 25 Cent erhöht, bei tieferer Belegung als 60 Prozent ähnlich gesenkt (SFpark.org, 2016). Analysten schätzen, dass nach zwei Jahren mit *SFpark* der Suchverkehr in den entsprechenden Regionen um 50 Prozent vermindert werden konnte (Millard-Ball, Weinberger und Hampshire, 2014, S. 87).

3 Hedonische Preismodellierung

Um ein Modell für Parkplatzpreise in der Stadt Zürich zu generieren, wird die hedonische Methode verwendet. Diese nimmt an, dass der Preis eines Gutes nebst seinem eigenen Wert auch durch andere charakteristische Faktoren gebildet wird. So ist der Preis eines Parkplatzes nicht nur durch die Summe seiner Erstellungs- und Erhaltungskosten bestimmt. Die Anzahl von Haushalten oder die Erreichbarkeit per öffentlichem Verkehr wirken sich ebenfalls auf den Preis aus. Viele weitere Faktoren kommen hinzu, werden aber erst in den folgenden Kapiteln nach Einführung der verschiedenen Methoden vorgestellt.

Gegeben sind Datenpunkte für Parkplätze mit Mietpreisen zwischen 2009 und 2014 mit räumlicher Verteilung. Gesucht ist ein hedonisches Preismodell, welches ihre Preise auf Grundlage verschiedener Variablen erklären kann. Nun gibt es im Wesentlichen 3 regressive Methoden, um dieses hedonische Preismodell zu erfassen. Die Methode der kleinsten Quadrate oder auch OLS (*Ordinary Least Squares*) ist dabei die Einzige, welche die räumliche Verteilung der Datenpunkte nicht beachtet, bildet aber die Grundlage für die beiden anderen Methoden. Die zweite Methode bzw. Methodengruppe heisst SAR (*Spatial Simultaneous Autoregressive model*). GWR (*Geographically weighted Regression*) ist die dritte Methode. Im Folgenden Abschnitt werden diese verwendeten Methoden erläutert.

3.1 OLS (*Ordinary Least Squares*)

Ist P der Mietpreis für einen Parkplatz und x_i die entsprechenden Werte für diverse Eigenschaften des Parkplatzes oder seiner Umgebung, so sieht das hedonische Preismodell wie folgt aus (Wooldridge, 2003, S. 69):

$$P = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_i x_i + \varepsilon \quad (1)$$

Oder in Kurzschreibweise:

$$P = \beta X + \varepsilon \quad (2)$$

Dabei wird P die erklärte Variable und x_i die erklärenden Variablen genannt. β_1 bis β_i sind die gesuchten Parameter des Gleichungssystems. Sie bilden die Koeffizienten der erklärenden Variablen und geben ihnen eine entsprechende Gewichtung im Modell. Die Variable ε steht für alle erklärenden Faktoren, die im hedonischen Modell nicht erfasst sind aber einen Einfluss auf P haben (engl. *error-term*). β_0 ist der konstante Wert, wenn alle x_i gleich Null sind. Es gilt die Bedingung, dass die verschiedenen Faktoren x_i voneinander unabhängig sein müssen.

Angenommen man möchte sowohl die Dichte an erwachsenen Personen als auch die Dichte 20-30-Jähriger in das Modell integrieren. Diese beiden Faktoren hängen klar voneinander ab. Als Folge davon wäre ein Bevölkerungscharakteristikum im hedonischen Modell gleich doppelt gewichtet, was die Resultate verfälschen würde. Deshalb liegt der linearen Regression die Annahme zugrunde, dass verschiedene erklärende Variablen sich untereinander nicht beeinflussen, eine erklärende Variable also nicht durch eine andere beschrieben werden kann.

Die zu ermittelnden β_i werden mit Hilfe der OLS Methode geschätzt. Diese beschreiben die absolute Änderung des Wertes von P , falls x_i um Δx_i variiert wird. Es gilt also (Wooldridge, 2003, S. 45):

$$\Delta P(x_i) = \beta_i \Delta x_i \quad (3)$$

In der Preismodellierung ist man aber mehr an der prozentualen Änderung des Preises infolge Änderung eines Faktors interessiert. Beispiel: Um wie viel Prozent ändert sich der Preis, wenn die Entfernung zum Stadtzentrum um 100m zunimmt? Um solche Zusammenhänge besser aufzeigen zu können, wird daher ein log-level Modell verwendet. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Logarithmus der zu erklärenden Variable (der Preis P) in das Modell eingebunden wird (Wooldridge, 2003, S. 70):

$$\log(P) = \beta X + \varepsilon \quad (4)$$

Die Gleichung (3) muss infolge auch geändert werden. Gleichung (5) zeigt nun den Einfluss einer Änderung der erklärenden Variable auf den Preis nach Gleichung (4) (Wooldridge, 2003, S. 45):

$$\% \Delta P(x_i) = (100 \beta_i) \Delta x_i \quad (5)$$

Die Koeffizienten können interpretiert werden als die prozentuale Änderung im Preis bei einer Änderung einer charakteristische Variable um eine Einheit. Des Weiteren wird mit diesem Ansatz das Problem der Heteroskedastizität minimiert sowie Einflüsse nicht-linearer Zusammenhänge zwischen Preis und erklärenden Variablen gelindert (Löchl und Axhausen, 2010, S. 50).

Beim obigen Ansatz wurde die räumliche Verteilung der Datenpunkte nicht im Modell berücksichtigt. Im Folgenden werden zwei Methoden vorgestellt, bei denen versucht wird, die Einflüsse der räumlichen Verteilung in die Regression mit einzubeziehen, um so genauere hedonische Modelle generieren zu können.

3.2 SAR (Spatial Simultaneous Autoregressive model)

Die verwendeten Datenpunkte haben auch räumliche Eigenschaften. Die SAR Modelle sind Ansätze, mit denen versucht wird diese im hedonischen Modell zu erfassen. Ihnen liegt die Annahme zugrunde, dass der hedonische Preis an einer bestimmten Lage sowohl durch die dortigen Eigenschaften wie auch durch die Eigenschaften umliegender Punkte beschrieben wird. Die Modelle basieren auf Maximum-Likelihood Schätzern. Die verschiedenen SAR-Modelle unterscheiden sich lediglich durch ihre Annahmen, in welchen Parametern der Regressionsgleichung diese räumlichen Abhängigkeiten auftreten (Löchl und Axhausen, 2010, S. 41/42).

3.2.1 SARlag (Spatial Simultaneous Autoregressive lag model)

Das SARlag Modell nimmt an, dass räumliche Abhängigkeiten zwischen den erklärten Variablen bestehen, im vorliegenden Fall den Preisen. Dies wird im hedonischen Modell wie folgt integriert:

$$P = \rho WP + \beta X + \varepsilon \quad (6)$$

P steht für den Preis, ρ ist ein Parameter für die räumliche Autokorrelation, W ist die räumliche Gewichtungsmatrix, β bildet die Koeffizienten, X steht für die erklärenden Variablen x_i und ε ist der Fehlerterm, bestehend aus einem Vektor mit unabhängigen und identisch verteilten (i.i.d.) Fehlern (Löchl und Axhausen, 2010, S. 42). Die Koeffizienten werden wieder mit Hilfe der Regression bestimmt, diesmal aber unter Berücksichtigung einer räumlichen Autokorrelation der erklärten Variable (Preise). Der Preis P kann natürlich wie bei der OLS Methode im log-Level berücksichtigt werden.

3.2.2 SARerror (Spatial Simultaneous Autoregressive error model)

Im Gegensatz zum SARlag Modell wird beim SARerror Modell eine räumliche Abhängigkeit nur beim Fehlerterm angenommen. Der Fehlerterm wurde definiert als die vom Modell nicht erfassten Variablen, welche Einfluss auf die erklärte Variable P haben. Die Formel sieht dann wie folgt aus:

$$P = \lambda Wu + \beta X + \varepsilon \quad (7)$$

λ ist der räumlich autoregressive Koeffizient, W ist die räumliche Gewichtungsmatrix, u ist ein Vektor aus i.i.d-verteilten Fehlern. P , β , X und ε sind analog zu Gleichung (6) definiert.

3.2.3 SAC (Spatial Autocorrelation model)

Das SAC Modell ist im Prinzip nur die Kombination des SARerror und des SARlag Modells. Es berücksichtigt sowohl die Autokorrelation zwischen den erklärten Variablen als auch diejenige zwischen den Fehlertermen. Die Gleichung sieht dann wie folgt aus (Sarlas und Axhausen, 2015):

$$P = \rho WP + \beta X + \lambda Wu + \varepsilon \quad (8)$$

3.2.4 SARmix (Spatial Durbin model)

Schliesslich gibt es ein Modell, welches nebst der räumlichen Autokorrelation der erklärten Variable P auch die der erklärenden Variablen X miteinbezieht, genannt SARmix:

$$P = \rho WP + WX\gamma + \varepsilon \quad (9)$$

γ steht für den autoregressiven Koeffizienten der räumlich gewichteten, erklärenden Variablen X . Bestimmt wird dieser wieder mit Hilfe der Regression (Löchl und Axhausen, 2010, S. 42). Das SARmix Modell wurde jedoch für die hedonische Modellierung nicht verwendet.

3.3 GWR (Geographically Weighted Regression)

Alle vorangehenden Modelle wie OLS oder SAR trafen die Annahme, dass die Verteilungsfunktion über alle Datenpunkte hinweg identisch ist, die Daten also räumlich homogen verteilt sind. Die Geographisch gewichtete Regression hingegen berücksichtigt die räumliche Heterogenität der Datenpunkte. Anstatt eines einzigen globalen Modells werden bei der GWR viele voneinander unabhängige lokale Modelle für jeden Punkt bestimmt, welche entsprechend ihrer gewichteten Distanz von anderen umliegenden Punkten beeinflusst werden. Als Folge davon können die Koeffizienten der erklärenden Variablen räumlich variieren. Je nach Lage unterscheiden sich damit die Einflüsse bestimmter charakteristischen Variablen. Das lokale Modell für jeden Punkt kann wie folgt beschrieben werden:

$$P_i = \beta_{i0} + \sum_k \beta_{ik} X_{ik} + \varepsilon_i \quad (10)$$

Für die lokalen Koeffizienten der erklärenden Variablen gilt:

$$\beta_i = (X^T W_i X)^{-1} X^T W_i P \quad (11)$$

Wobei X die erklärenden Variablen, W die Gewichtungsmatrix und P die zu erklärende Variable (den Preis) umfasst (Löchl und Axhausen, 2010, S. 43/44).

3.4 Gewichtungsmatrix und autoregressive Koeffizienten

Bevor mit der Regression begonnen werden kann, müssen die Gewichtungsmatrizen und die entsprechenden autoregressiven Koeffizienten ermittelt werden. Als erstes muss die *Nachbarschaft* jedes einzelnen Datenpunktes definiert werden. Entweder wird eine absolute euklidische Distanz angenommen und alle Punkte innerhalb dieser als Nachbarpunkte definiert, oder es werden eine bestimmte Anzahl an nächstgelegenen Nachbarn bei der Bestimmung der räumlichen Autokorrelation miteinbezogen.

Darauffolgend wird die Gewichtung der Nachbarpunkte in Funktion der Distanz zum jeweiligen, betrachteten Datenpunkt ermittelt. Natürlich könnten alle Nachbarpunkte gleich gewichtet, also im Prinzip nicht gewichtet werden. Es ist aber naheliegend, dass der Einfluss eines räumlichen Punktes auf einen anderen räumlichen Punkt von deren Distanzen abhängt. Die Preise von Parkplätzen auf dem selben Grundstück werden sich stärker gegenseitig beeinflussen als Parkplätze in zwei verschiedenen Quartieren. Die Gewichtung sollte also mit zunehmender Distanz abnehmen. In der vorliegenden Arbeit wurde die Gewichtung als invers zur Distanz abnehmend definiert.

Ist die Gewichtungsmatrix bestimmt, können deren autoregressive Koeffizienten berechnet werden. Schliesslich können mit Hilfe der Regression die gesuchten Koeffizienten der erklärenden Variablen ermittelt und so ein hedonisches Modell für die erklärte Variable, dem Mietpreis, generiert werden.

4 Datenanalyse

In diesem Abschnitt wird auf die verwendeten Daten eingegangen, welche im weiteren Verlauf der Arbeit benötigt werden. Diese gliedern sich in folgende drei Gruppen:

1. Mietpreise von Parkplätzen aus webbasierten Informationen
2. Daten zum öffentlichen und privaten Parkplatzangebot in der Stadt Zürich
3. Weitere Daten mit teilweise demografischen Informationen

4.1 Parkplatzpreise

Der Datensatz mit den Mietpreisen umfasst Informationen zu rund 11'700 webbasierten Inseraten von Privatparkplätzen, welche zwischen 2009 und 2014 aufgegeben wurden und innerhalb des Kantons Zürich liegen. Davon liegen 5580 in der Stadt Zürich. Nebst monatlichem Mietpreis ist unter anderem auch die Lage, die Art des Parkplatzes sowie das Datum der Aufgabe des Inserates in diesem Datensatz enthalten. Die Mietpreise ausserhalb der Stadt Zürich werden im Modell nicht berücksichtigt, sie werden aber für den Vergleich zwischen Stadt und Kanton verwendet.

Die Mietpreise der Datenpunkte in der Stadt Zürich stellen die zu erklärenden Variablen dar, weshalb die Informationen aus den anderen Datensätzen auf diesen projiziert werden müssen, um bei den Modellen berücksichtigt werden zu können.

4.2 Parkraumangebot

Die Daten zum Parkraumangebot stammen von der Stadt Zürich (2012). Sie beinhalten Informationen zur Lage und Art des Parkplatzes, sowohl von öffentlichen als auch privaten Parkplätzen. Um das Parkraumangebot im Modell berücksichtigen zu können, wurden anhand der einzelnen Parkplätze Dichten berechnet, welche für die einzelnen Datenpunkte mit den Mietpreisen gelten. Diese geben an, wie viele Parkplätze von der jeweiligen Parkplatzart in einem Umkreis von 100, 200 oder 500m vom Datenpunkt vorhanden sind. Sie wurden in einem weiteren Schritt dazu verwendet, weitere Variablen zu generieren wie beispielsweise der Parkplatz-Nutzflächen-Dichte, welche innerhalb von 100m vom Datenpunkt gemittelt ist. Diese gibt die Anzahl Privat- oder Strassenparkplätze (nach Kategorie) pro 100m^2 Nutzfläche an. Die Nutzflächendichte, welche für die Berechnung dieser neuen Dichte verwendet wurde, hat die Einheiten m^2 Nutzfläche pro km^2 Land und ist ebenfalls gemittelt innerhalb von 100m um den jeweiligen Datenpunkt. Sie ist unterteilt in Wohnfläche, Kommerziell genutzte Fläche, für den

Detailhandel genutzte Fläche, Flächen der öffentlichen Hand sowie industrielle Fläche. Werden alle Nutzungen summiert, wird die totale Nutzflächendichte erhalten. Die Parkplatzdichte (Anzahl Parkplätze im Umkreis von 100m um einen Datenpunkt) wurde durch die Nutzflächendichte geteilt und so eine Parkplatz-Nutzflächen-Dichte erhalten für jeden Datenpunkt. Als Formel sieht dies wie folgt aus:

$$\frac{\text{Parkplatzdichte}}{\text{Nutzflächendichte}} = \frac{\frac{\text{Parkplätze}}{\pi R^2}}{\frac{m^2_{\text{Nutzfläche}}}{10^6 m^2}} \cdot 100 \triangleq \frac{\text{Parkplätze}}{100 m^2_{\text{Nutzfläche}}} = PND \left[\frac{1}{100 m^2} \right] \quad (12)$$

Diese neue Variable konnte ins Modell integriert werden. Durch einsetzen unterschiedlicher Arten von Parkplatz- und Nutzflächendichten sowie durch Variation des Radius konnten so verschiedene Variablen generiert werden. Zur kartographischen Darstellung auf Quartiersebene (siehe Abbildung 5 ff.) wurden die Dichten der jeweiligen Datenpunkte innerhalb eines Quartieres jeweils gemittelt. Des Weiteren wurden die Parkplatzdichten miteinander ins Verhältnis gesetzt, um die prozentualen Anteile der jeweiligen Parkplatzart innerhalb eines bestimmten Radius zum Datenpunkt zu erfassen. Diese wurden als weitere Variablen im Modell berücksichtigt.

Die Dichte an Strassenparkplätzen wurde in einem weiteren Schritt ins Verhältnis gesetzt mit der Strassendichte, um die Anzahl Strassenparkplätze pro Strassenkilometer zu berechnen. Diese wurde als neue Variable in den Datensatz eingefügt. Die Berechnung sieht wie folgt aus.

$$\frac{\text{Parkplatzdichte}}{\text{Strassendichte}} = \frac{\frac{\text{Parkplätze}}{\pi R^2}}{\frac{km_{\text{Strassen}}}{10^6 m^2}} \triangleq \frac{\text{Strassenparkplätze}}{km_{\text{Strasse}}} \quad (13)$$

Die Strassendichte gilt analog zur Parkplatzdichte innerhalb von 100m vom jeweiligen Datenpunkt und hat die Einheit [km/km²].

4.3 Weitere Daten

Verschiedene Variablen waren bereits im Verlaufe vorangehender Analysen am IVT in den Datensatz mit den Mietpreisen integriert worden. Darunter fallen z.B. Distanzen der Datenpunkte zu unterschiedlichen Lokationen wie dem Stadtzentrum oder der nächsten Autobahnausfahrt. Auch verkehrsbezogene Informationen zu den Datenpunkten wie beispielsweise der Erreichbarkeit mit dem Auto oder dem ÖV sind vorhanden.

Daten vom Bundesamt für Statistik (2012), welche Informationen zur Bevölkerung enthalten, waren auch bereits in den Datensatz mit den Mietpreisen integriert. Nebst der Bevölkerungsdichte beschreiben diese Daten verschiedene Haushaltsdichten. In der vorliegenden Arbeit wurden nur die Dichten von Ein- und Zwei-Personenhaushalten verwendet. Diese beschreiben die Anzahl der jeweiligen Haushalte pro Hektar, gemittelt innerhalb von 300m von der betrachteten Lage. Zuerst wurden die beiden Dichten addiert und unter einer Variable in den Datensatz eingefügt. Dann wurde diese Variable mit der genutzten Wohnfläche ins Verhältnis gesetzt, und so die Anzahl Ein- oder Zwei Personenhaushalte pro $100m^2$ Wohnfläche berechnet. Beide Dichten gelten innerhalb von 300m vom betrachteten Datenpunkt. Die Berechnung der Anzahl Ein-Zwei-Personenhaushalte pro $100m^2$ Wohnfläche sieht wie folgt aus:

$$\frac{\text{Haushaltsdichte}}{\text{Wohnflächendichte}} = \frac{\frac{\text{Haushalte}}{10^4 m^2}}{\frac{m^2_{\text{Wohnfläche}}}{10^6 m^2}} \cdot 100 \triangleq \frac{\text{Haushalte}}{100 m^2_{\text{Wohnfläche}}} \quad (14)$$

Als weitere Variable wurde der PW-Besitz in Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten berechnet. Die Informationen waren auf der Karte in einer Auflösung von 500x500m vorhanden. Die Werte derjenigen Pixel, welche die Datenpunkte mit den Mietpreisen einschlossen, wurden für die Datenpunkte übernommen und so in das Modell integriert.

Die Anzahl an Variablen, welche zum Schluss zur Verfügung standen, war mit über 200 sehr gross. Deshalb wurden in diesem Abschnitt nur die relevanten respektive die in dieser Arbeit verwendeten Variablen und Daten eingeführt. Im folgenden Kapitel werden diese Datensätze anhand eines Fallbeispiels näher beschrieben.

5 Fallbeispiel Zürich

In diesem Kapitel wird die Situation in der Stadt Zürich bezüglich Parkraum und weiteren Eigenschaften beschrieben. Dazu wird im ersten Abschnitt auf das Parkraumangebot in der Stadt Zürich eingegangen. Im zweiten Abschnitt werden die vorhandenen Parkplatzpreise deskriptiv analysiert. Anschliessend werden weitere demographische Eigenschaften der Stadt präsentiert.

5.1 Parkraumangebot

In der Stadt Zürich existieren zwei Gruppen von Parkplätzen: Öffentliche und private Parkplätze. Die öffentlichen Parkplätze können in 2 Kategorien zusammengefasst werden, die Strassenparkplätze der Stadt und öffentlich zugängliche Parkplätze in Parkhäusern der Stadt oder Privater. Im Folgenden wird zuerst auf die zeitliche Entwicklung im öffentlichen Parkplatzangebot eingegangen.

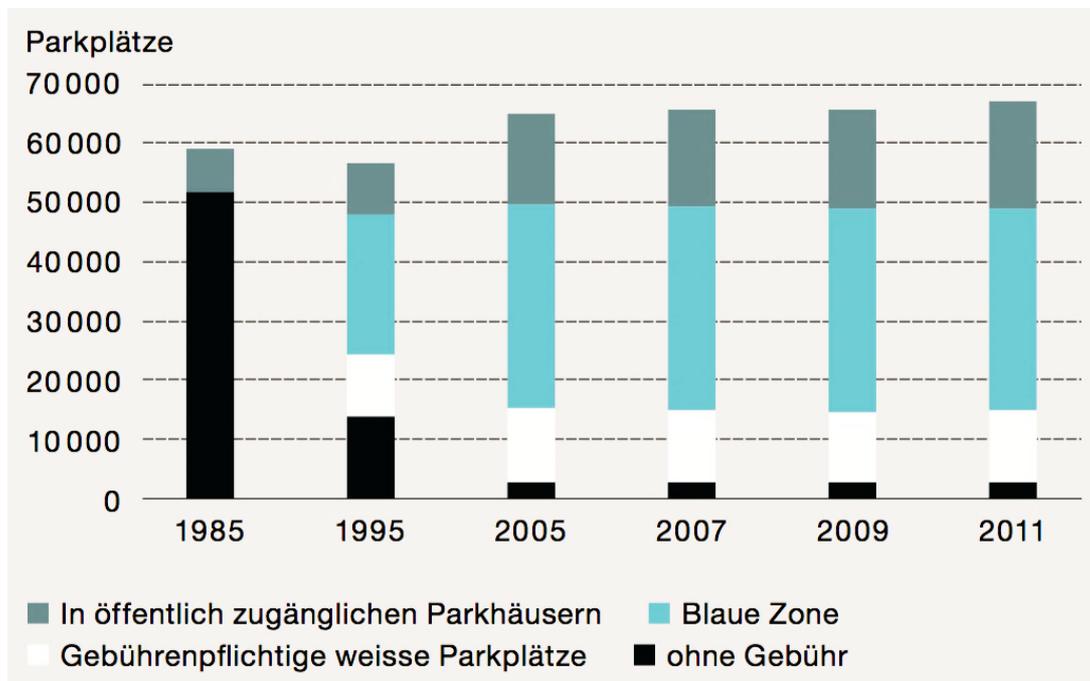
5.1.1 Entwicklung seit 1985

Im historischen Parkplatzkompromiss des Jahres 1996 wurde beschlossen, dass die Zahl der besucher- und kundenorientierten Parkplätze in der Innenstadt der Stadt Zürich (Kreis 1 und Umgebung) auf dem Stand von 1990 stabil bleiben soll. Es handelt sich hierbei um die Gesamtheit öffentlich zugänglicher Parkfelder, welche sich auf der Strasse oder in Parkhäusern befinden. Zudem wurde die Aufwertung des öffentlichen Raums durch Kompensation von Strassenparkständen in Tiefgaragen und Parkhäusern als Ziel gesetzt (Stadt Zürich, 2016a).

Per Bilanz Ende 2014 wurden in der City und Umgebung nur 99 öffentlich zugängliche Parkplätze mehr verzeichnet als im Jahr 1990. Die Anzahl Strassenparkplätze nahm dabei um 933 Einheiten ab. Der Überschuss ist also auf neue Parkfelder in Parkhäusern zurückzuführen. (Stadt Zürich, 2015).

Ähnlich sieht es für die Stadt Zürich als Ganzes aus: Eine leichte Abnahme der Strassenparkplätze seit 2005 ist zu beobachten, und im Gegenzug vermehren sich Parkfelder in Parkhäusern (siehe Abbildung 3). Die meisten gebührenlosen Parkplätze von 1985 wurden entweder zu blau markiert oder gebührenpflichtig, nur ein Bruchteil blieb gebührenlos.

Abbildung 3 Anzahl öffentlicher Parkplätze in der Stadt Zürich



Quelle: Stadt Zürich; Mobilität in Kennzahlen (2012, S. 17)

Interessant ist die Entwicklung der Blauen Zone, welche 1989 in der Stadt Zürich eingeführt wurde, um Wohnquartiere vor übermassigen Emissionen zu schützen und seitdem stetig an Parkfeldern zugenommen hat. Im Jahre 2011 betrug die Zahl der öffentlich zugänglichen Parkplätze 67'000, wovon rund die Hälfte in der Blauen Zone lag (Stadt Zürich, 2012, S. 16). An Werktagen zu Werkzeiten kann jeder beschränkt für eine Stunde in der Blauen Zone parkieren. Um zeitlich unbeschränkt parkieren zu können, wird eine Bewilligung benötigt. Anwohner oder Firmen erhalten die sogenannte Anwohnerparkkarte gegen eine Gebühr von CHF 300.- pro Kalenderjahr durch die Stadt. Damit sind sie berechtigt, in einem bestimmten Postleitzahlkreis in der Blauen Zone unbeschränkt zu parkieren. Es können auch Tagesbewilligungen zu CHF 15.- bezogen werden. Darüber hinaus gibt es Bewilligungen für Handwerksbetriebe zu anderen Konditionen aber ohne Beschränkung der Postleitzahl. Im Jahre 2015 wurden über 43'000 Parkkarten verkauft, davon rund 8000 Gewerbeparkkarten (Stadt Zürich, 2016b).

5.1.2 Strassenparkplätze

Strassenparkplätze unterteilen sich als Folge Parkraumbewirtschaftung in verschiedene Kategorien. Als Unterscheidungsmerkmale dienen hierbei Benützungsdauern, Gebührenregelungen oder Berechtigungen (siehe Abschnitt 2.1). Schliesslich gehen aus der Statistik der Stadt für Strassenparkplätze 15 Arten von öffentlichen Strassenparkplätzen hervor, welche im Folgenden vereinfachend in drei Gruppen unterteilt werden (Stadt Zürich, 2007):

- Strassenparkplätze mit Parkdauerbeschränkungen (limitiert):
 - Maximale Parkdauer von 15, 30, 60, 120, 180 Minuten oder länger
- Strassenparkplätze ohne Parkdauerbeschränkungen (unlimitiert für Berechtigte):
 - Blau markierte Parkplätze
 - (Weiss) Markierte oder nicht markierte Parkplätze
 - Parkplätze für nachts
 - Parkplätze ohne Parkuhren
- Spezielle öffentliche Parkplätze:
 - Behindertenplätze
 - Parkplätze für LKW oder Cars
 - Parkplätze für Warenumsschlag

Die Strassenparkplätze mit Parkdauerbeschränkung entsprechen im Prinzip den gebührenpflichtigen weissen Parkplätzen aus Abbildung 3, hier wurde der Fokus bei der Unterteilung jedoch auf die Parkdauerbeschränkung gelegt. Ein Grossteil der Parkplätze ohne Parkdauerbeschränkung sind die Blauen Parkplätze. Für Beispielfelder zu den restlichen Parkplatztypen ohne Parkdauerbeschränkung wird auf den Anhang A 2 verwiesen.

In der folgenden Tabelle sind je nach Quartier die Anzahl der verschiedenen Parkplätze aufgelistet. Die Blauen Parkfelder wurden zum Vergleich ebenfalls aufgeführt:

Tabelle 2 Strassenparkplätze in der Stadt Zürich

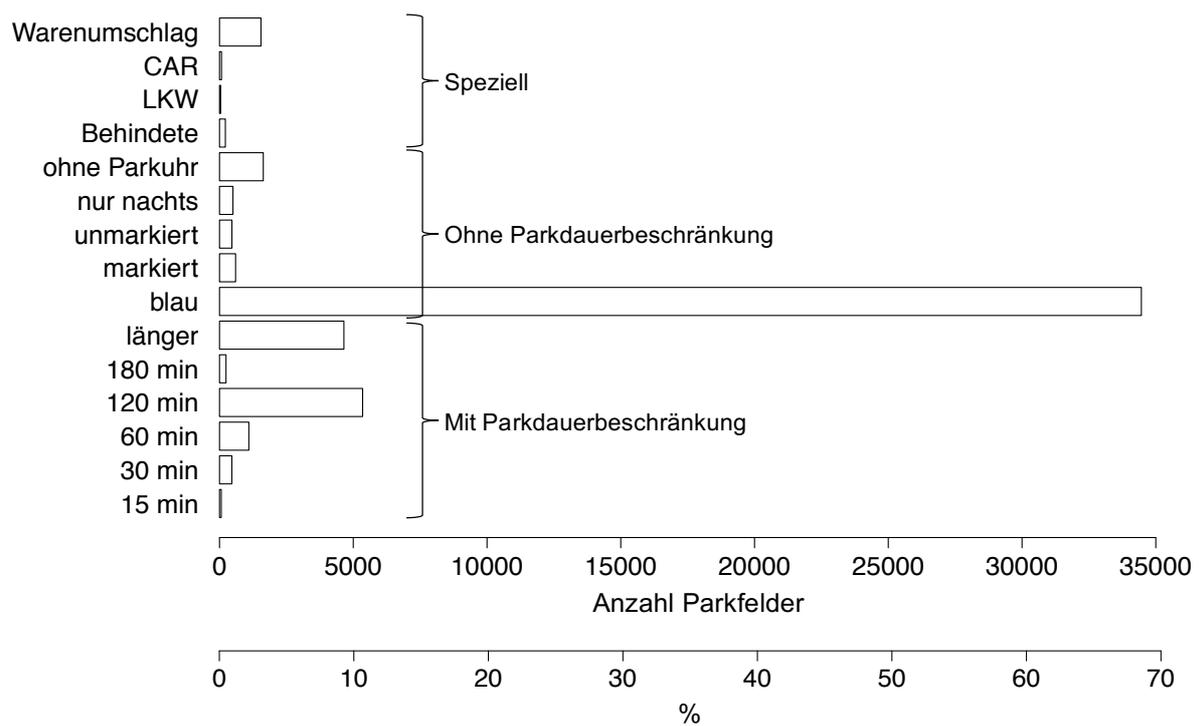
Quartiername	KreisNr	Limitiert	Unlimitiert	Speziell	Total	Blau	Anteil
Altstetten	9	703	2960	322	3737	2181	0.58
Enge	2	1201	1360	168	2721	1336	0.49
Wollishofen	2	582	2014	70	2643	1940	0.73
Hottingen	7	750	1801	364	2610	1496	0.57
Unterstrass	6	330	2150	179	2597	2077	0.80
Oerlikon	11	606	1722	86	2412	1717	0.71
Höngg	10	89	2238	173	2355	1827	0.78
Seebach	11	494	1769	57	2320	1739	0.75
Sihlfeld	3	540	1676	65	2281	1664	0.73
Wipkingen	10	144	1859	332	2052	1543	0.75
Langstrasse	4	760	940	111	1811	928	0.51
Fluntern	7	358	1334	72	1743	1313	0.75
Oberstrass	6	171	1435	50	1656	1430	0.86
Alt-Wiedikon	3	295	1272	136	1601	1085	0.68
Friesenberg	3	200	1294	45	1515	1032	0.68
Gewerbeschule	5	406	929	153	1488	929	0.62
Affoltern	11	141	1259	84	1445	1218	0.84
Albisrieden	9	45	1370	147	1433	1186	0.83
Seefeld	8	622	749	136	1428	647	0.45
Hard	4	359	962	74	1395	950	0.68
Witikon	7	19	1111	35	1137	969	0.85
Hirzenbach	12	127	969	23	1119	952	0.85
Schwamendingen	12	164	843	8	1015	839	0.83
Hirslanden	7	69	827	85	917	757	0.83
Mühlebach	8	256	561	52	869	558	0.64
Weinegg	8	281	519	22	822	514	0.63
Hochschulen	1	542	59	67	668	51	0.08
Werd	4	265	312	41	618	308	0.50
City	1	462	31	105	598	31	0.05
Saatlen	12	8	554	27	586	551	0.94
Leimbach	2	0	550	9	559	531	0.95
Escher Wyss	5	283	199	83	528	162	0.31
Lindenhof	1	427	0	48	475	0	0.00
Rathaus	1	168	3	60	231	0	0.00

Daten: Stadt Zürich (2012)

Tabelle 2 zeigt die Strassenparkplätze der drei Strassenparkplatzgruppen für jedes Zürcher Quartier. *Limitiert* und *unlimitiert* stehen hierbei für die jeweiligen Gruppen *mit Parkdauerbeschränkung* und *ohne Parkdauerbeschränkung*. Aus der Auflistung folgt, dass nur wenige Quartiere in der Stadt Zürich weniger als 50 Prozent Blaue Parkplätze haben und der Anteil der Blauen Parkplätze teilweise 90 Prozent übersteigt. Keine Blauen Parkplätze existieren in den Quartieren Lindenhof und Rathaus, welche beide in der Innenstadt liegen.

Um die Anteile der verschiedenen Parkplätze am Total besser aufzeigen zu können werden in Abbildung 4 die gesamten Strassenparkplätze der Stadt Zürich als Balkendiagramm dargestellt. Die Kategorien schliessen sich gegenseitig aus, d.h. jeder Strassenparkplatz wurde jeweils nur einer Kategorie zugeordnet.

Abbildung 4 Strassenparkplätze in der Stadt Zürich nach Kategorie absolut und prozentual



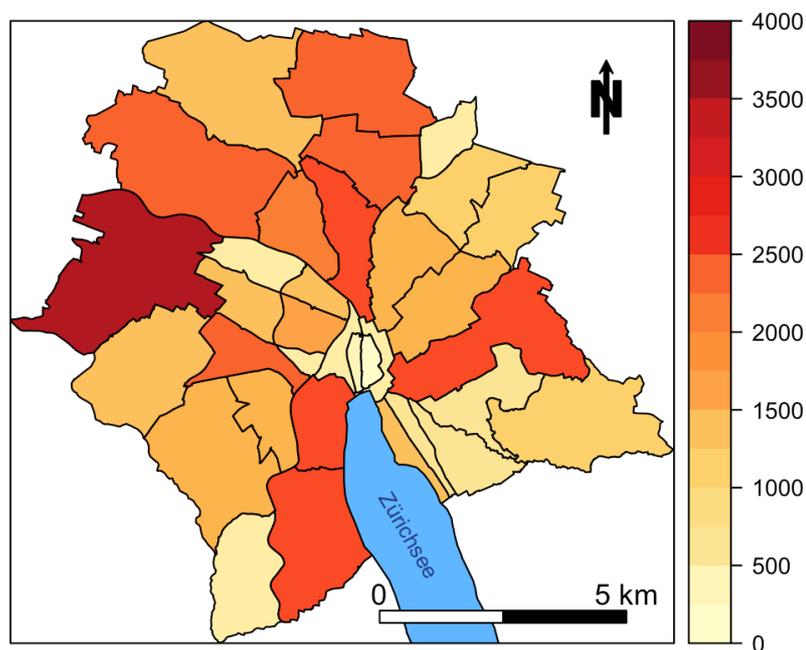
Daten: Stadt Zürich (2012)

Im hedonischen Modell wurden dabei nur die ersten beiden Gruppen berücksichtigt (mit und ohne Parkdauerbeschränkung), da die dritte Gruppe nur speziellere Parkplatzarten umfasst, welche nur schwierig im Modell miteingebunden werden könnten und die nur einen Bruchteil des Gesamtangebots an öffentlichen Parkplätzen ausmachen (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6). Zudem wurden die blau markierten Parkplätze der Gruppe ohne Parkdauerbeschränkung

zugeordnet, da Anwohner mit entsprechenden Parkberechtigungen unbegrenzt parkieren können. Die restlichen Parkplatzarten derselben Gruppe wurden ebenfalls unter der Annahme der Kategorie ohne Parkdauerbeschränkung zugeordnet, da Berechtigte wie Anwohner oder Grundbesitzer unbegrenzt auf diesen Strassenparkplätzen parkieren können.

In Abbildung 5 ist zunächst die gesamte Anzahl der Strassenparkplätze in den Quartieren dargestellt.

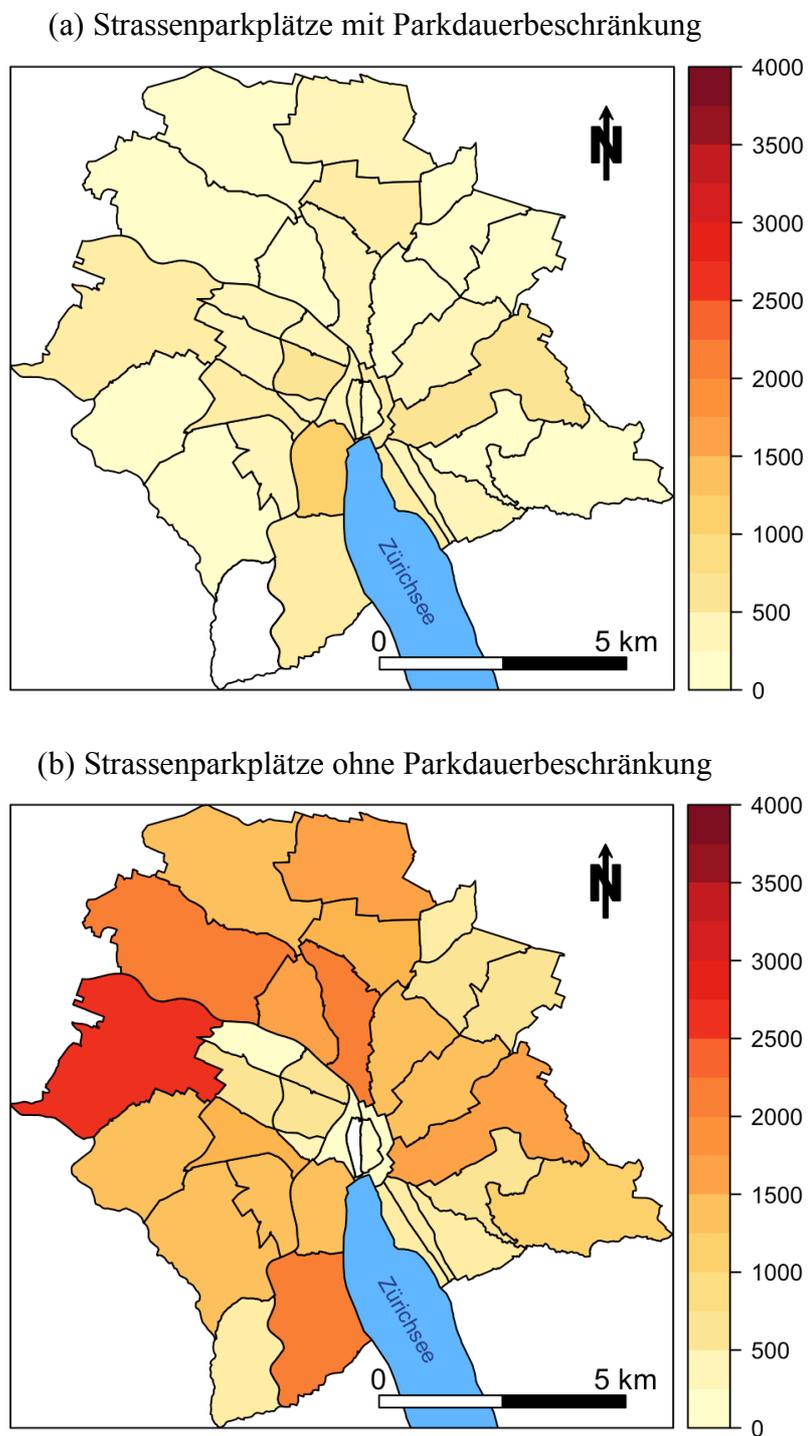
Abbildung 5 Anzahl Strassenparkplätze in Zürcher Quartieren



Daten: Stadt Zürich (2012)

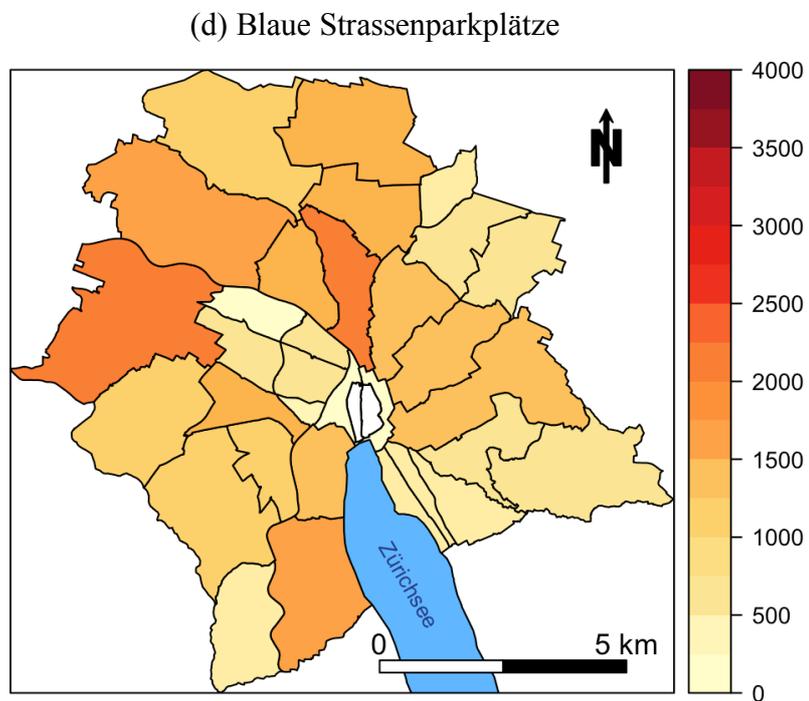
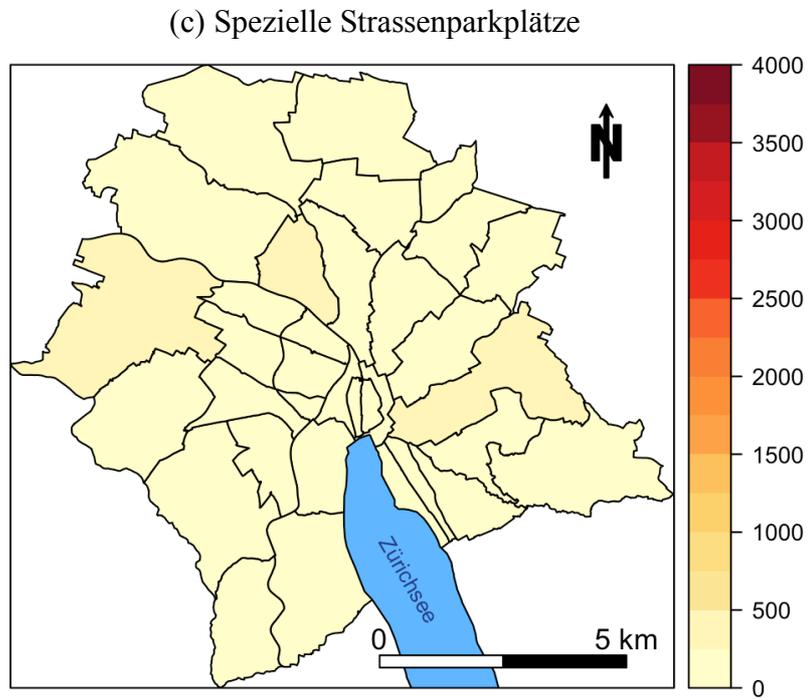
In den folgenden zwei Abbildungen sind die Anzahl Parkplätze nach Kategorie in den Zürcher Quartieren dargestellt. Die Blauen Parkplätze wurden als wichtigste Parkplatzart ebenfalls aufgeführt. Sie gehören zur Kategorie der Strassenparkplätze ohne Parkdauerbeschränkung.

Abbildung 6 Anzahl Strassenparkplätze nach Kategorie in Zürcher Quartieren



Daten: Stadt Zürich (2012)

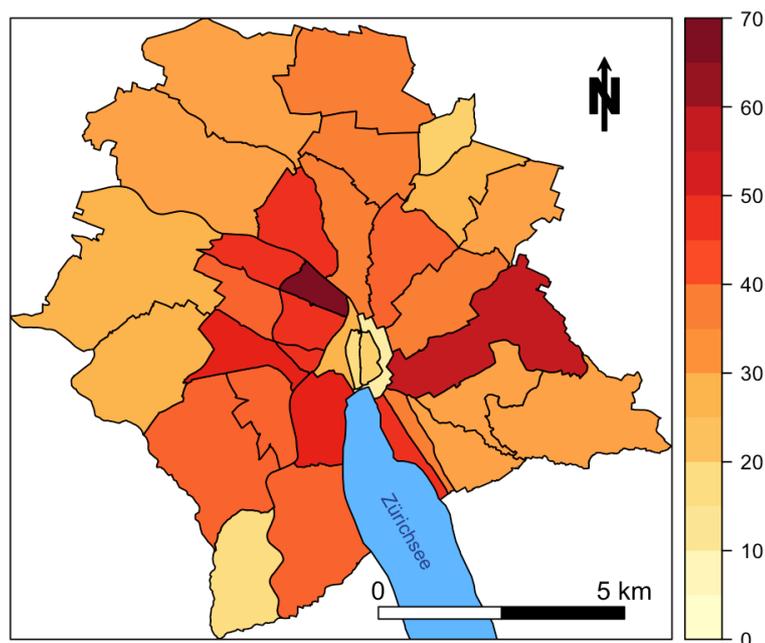
Abbildung 6 Anzahl Strassenparkplätze nach Kategorie in Zürcher Quartieren (Fortsetzung)



Daten: Stadt Zürich (2012)

Weisse Flächen bedeuten, dass in diesen Quartieren kein Strassenparkplatz der jeweiligen Art vorhanden ist. Die Bedeutung der Blauen Parkplätze ist gut ersichtlich. Sie bilden in den meisten Quartieren die Mehrheit. Auch die Strassenparkplätze mit Parkdauerbeschränkung sind in gewissen Quartieren stark vertreten. Wie schon aus Abbildung 4 zu sehen war, sind die speziellen Parkplätze jeweils mit geringer Anzahl vertreten, weshalb sie im weiteren Verlauf der Analyse nicht mehr berücksichtigt werden. Da die Anzahl Strassenparkplätze zum einen mit grösserer Quartierfläche steigt und zudem stark mit der Strassendichte eines Quartiers zusammenhängt, ist es sinnvoll, letztere zu berücksichtigen. Im Folgenden ist die Anzahl Strassenparkplätze pro Strassenkilometer dargestellt. Der Radius in Klammern zeigt den Umfang, innerhalb dessen die Dichte berechnet wurde, bevor dann der Durchschnitt auf Quartiersebene ermittelt wurde.

Abbildung 7 Strassenparkplätze pro Strassenkilometer in Zürcher Quartieren (R=100m)

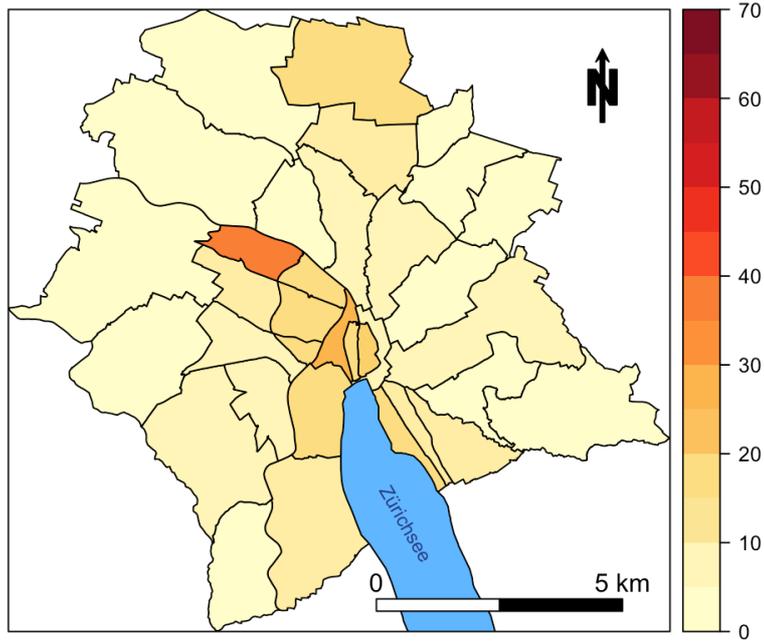


Daten: Stadt Zürich (2012)

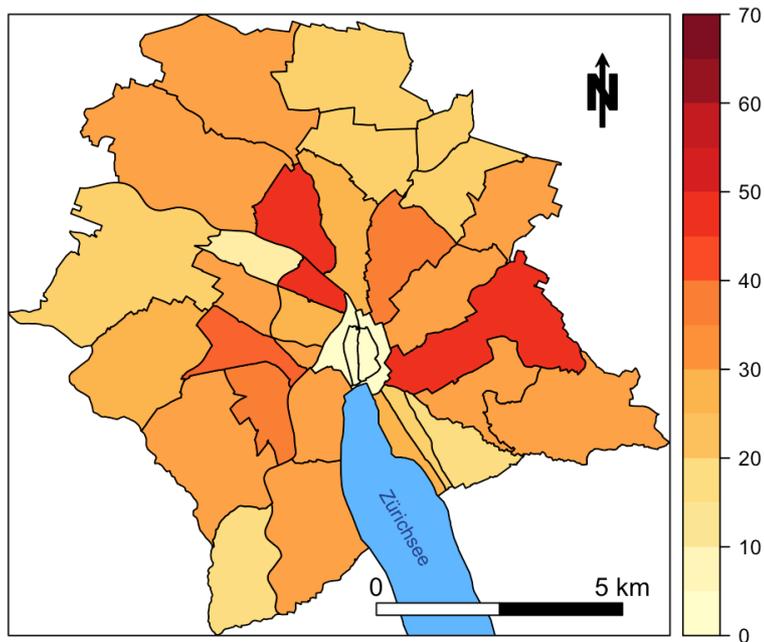
Nun bietet sich ein ganz anderes Bild. Die City-nahen Quartiere zeigen deutlich höhere Parkplatzdichten als Quartiere an der Stadtgrenze. Die Innenstadt bildet hierbei eine Ausnahme, da dort zum einen historisch bedingt schmalere Strassen vorhanden sind und zum anderen gezielt versucht wird, die Anzahl Parkplätze auf den Strassen zu reduzieren (siehe Abschnitt 5.1.1). In der folgenden Abbildung erfolgt noch eine Unterscheidung zwischen den Kategorien Strassenparkplätze mit und ohne Parkdauerbeschränkung:

Abbildung 8 Strassenparkplätze pro Strassenkilometer nach Kategorie in Zürcher Quartieren (R=100m)

(a) Strassenparkplätze mit Parkdauerbeschränkung pro Strassenkilometer



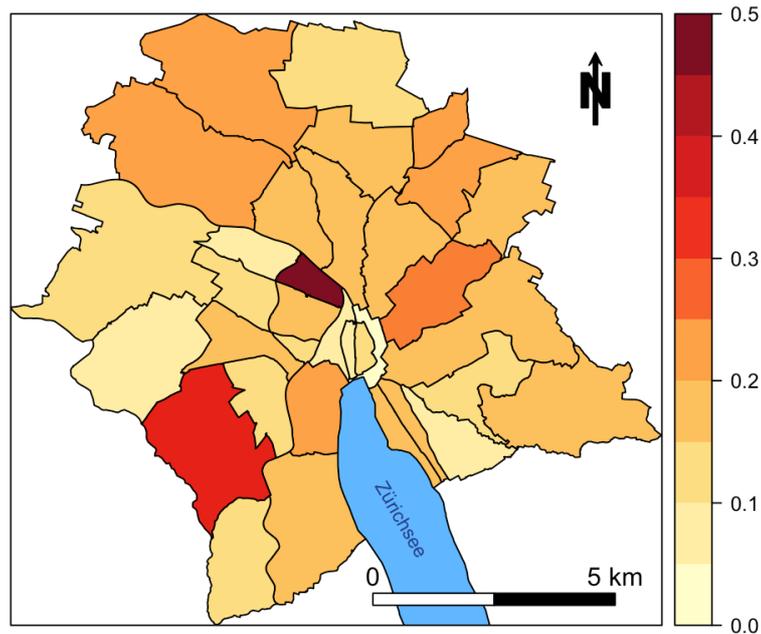
(b) Strassenparkplätze ohne Parkdauerbeschränkung pro Strassenkilometer



Daten: Stadt Zürich (2012)

Die Parkplatzdichte kann auch auf Grundlage der Nutzung von Grundstücken beschrieben werden, um mehr die Nutzer der Parkplätze zu gewichten anstatt nur die Strassendichte, welche keinen direkten Bezug hat auf lokale demografische Eigenschaften. Das Parkplatz-Nutzflächen-Verhältnis sieht wie folgt aus:

Abbildung 9 Strassenparkplätze pro 100m² Nutzfläche in Zürcher Quartieren (R=100m)



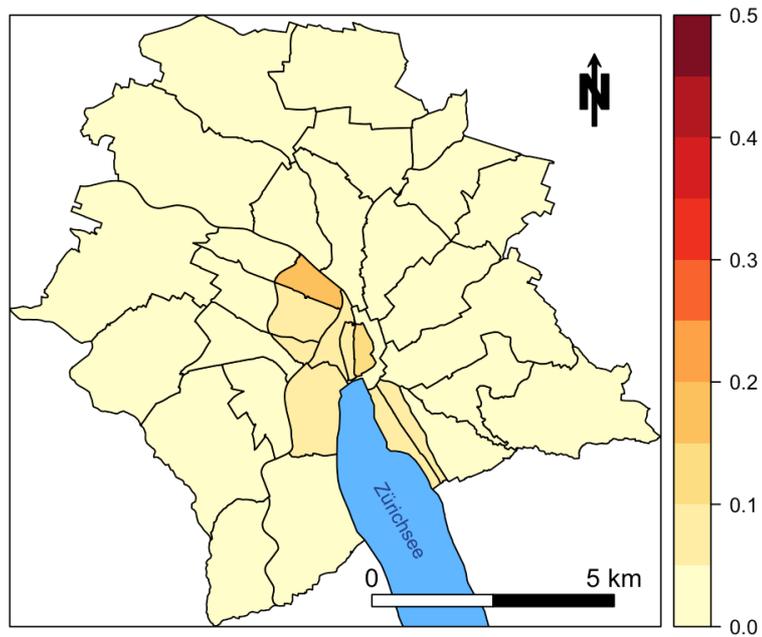
Daten: Stadt Zürich (2012)

Bei der Interpretation dieser Karte muss darauf geachtet werden, dass die Parkplatzdichte nach der Flächennutzung aus zwei Gründen grosse Werte annehmen kann. Zum einen, wenn viele Parkplätze vorhanden sind, zum anderen, falls die Flächen gering sind. Am grössten ist sie also falls einer kleinen Nutzfläche viele Parkplätze zugeordnet werden können.

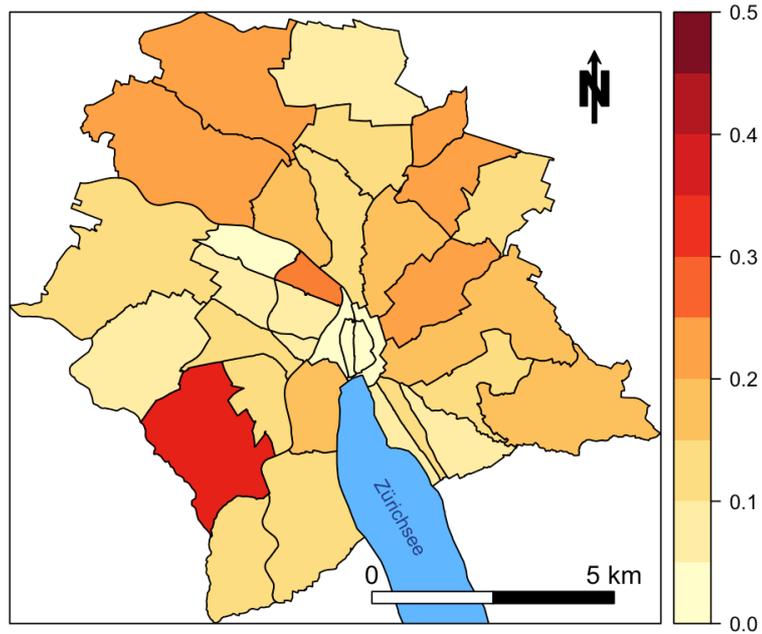
In der folgenden Abbildung wird noch nach den beiden Kategorien (mit/ohne Parkdauerbeschränkung) unterschieden:

Abbildung 10 Strassenparkplätze pro 100m² Nutzfläche nach Kategorie in Zürcher Quartieren (R=100m)

(a) Strassenparkplätze mit Parkdauerbeschränkung pro 100m² Nutzfläche



(b) Strassenparkplätze ohne Parkdauerbeschränkung pro 100m² Nutzfläche

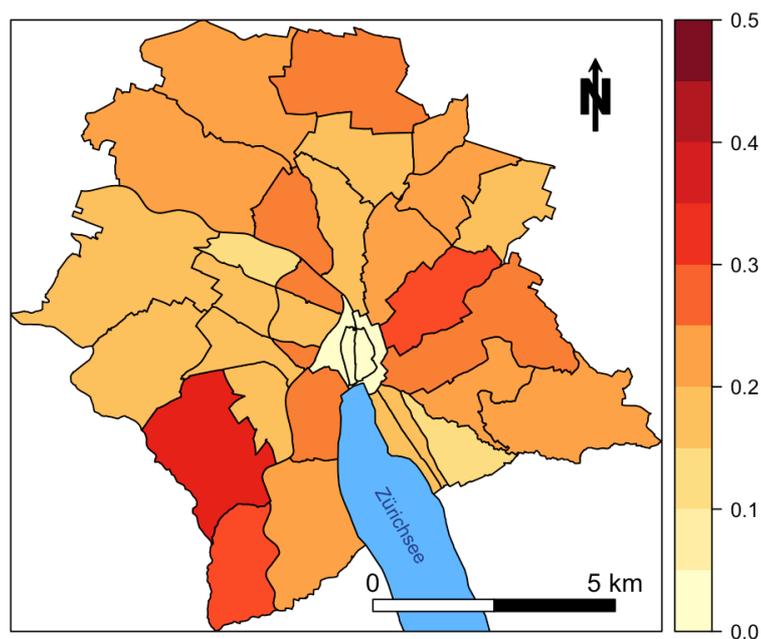


Daten: Stadt Zürich (2012)

Das Quartier Gewerbeschule sticht auf allen drei Ebenen mit hohen Parkplatzdichten hervor. Friesenberg weist hohe Dichten bei den unlimitierten Strassenparkplätzen auf. Die höchste Dichte liegt bei 0.5 Strassenparkplätzen pro 100m² Nutzfläche. Die restlichen Quartiere zeigen keine grossen Amplituden. Dies deutet darauf hin, dass die Strassenparkplätze in einem gewissen Verhältnis zur genutzten Fläche in der Umgebung stehen. Bei der Unterscheidung nach Kategorie ist zu erkennen, dass die Dichte an limitierten Strassenparkplätzen in der Innenstadt grösser ist als in den umliegenden Quartieren. Die Dichte für Strassenparkplätze ohne Parkdauerbeschränkung hingegen liegt in der Innenstadt praktisch bei Null.

Die Parkplatzdichte kann auch nach der Nutzung unterschieden werden. Die folgende Abbildung zeigt die Parkplatzdichte nach der Wohnnutzung:

Abbildung 11 Strassenparkplätze pro 100m² Wohnfläche in Zürcher Quartieren (R=200m)



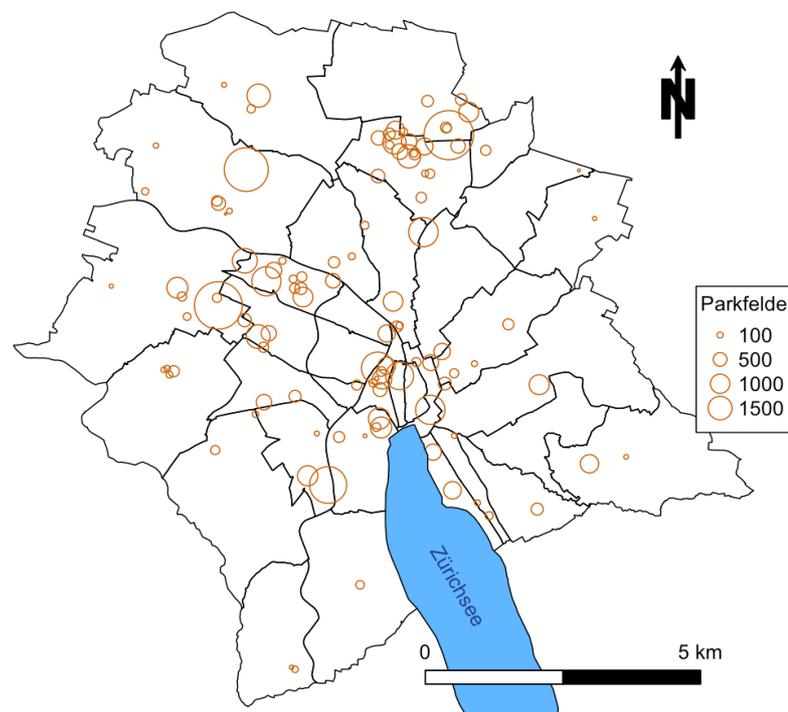
Daten: Stadt Zürich (2012)

Bei der Wohnflächen-gewichteten Parkplatzdichte lassen sich höhere Werte im Süd-Westen (Friesenberg, Leimbach) feststellen. Die Parkplatzdichte nach Wohnnutzung wird im Modell jedoch nicht berücksichtigt, da die verschiedenen Flächennutzungen anderweitig im Modell integriert werden.

5.1.3 Parkhäuser

Parkhäuser bilden eine weitere wichtige Kategorie, denn sie bieten punktuell hohe Parkplatzangebote und unterscheiden sich somit von vergleichsweise breitgestreuten Strassenparkplätzen, welche von der Strassendichte abhängen. Ob Parkhäuser in öffentlichem oder privatem Besitz stehen spielt für die Analyse keine Rolle. Wichtig ist nur, dass sie öffentlich zugänglich sind, was bei Parkhäusern grundsätzlich der Fall ist.

Abbildung 12 Parkhäuser mit Anzahl öffentlich zugänglicher Parkfelder in der Stadt Zürich



Daten: Stadt Zürich (2012)

Im Datensatz sind 109 Parkhäuser aufgeführt. Die Zahlen zeigen aber nicht die Gesamtheit aller Parkfelder in den Parkhäusern, sondern nur die öffentlich zugänglichen. Die grössten drei Parkhäuser mit über 1000 öffentlich zugänglichen Parkfeldern sind die Messe Zürich, der Letzipark und ETH Hönggerberg. Die grössten 10 Parkhäuser verfügen fast über die Hälfte aller Parkhausfelder von 16'800.

Anstelle der Kapazität von Parkhäusern kann deren Anzahl in einem bestimmten Radius berücksichtigt werden. Ob ein Parkhaus hundert oder tausend Parkplätze verfügt wird eine eher kleinere Rolle spielen, da umliegende Parkfelder von Quartiersstrassen eher durch Parkierer beeinflusst werden, welche eigentlich im Parkhaus parkieren sollten, aber aus monetären

Gründen oder weil das Parkhaus besetzt ist auf Strassenparkplätze ausweichen. Die Kapazität von Parkhäusern wird der Nachfrage entsprechen, die Anzahl „Falschparkierer“ hingegen eher dem Dasein eines Parkhauses an sich.

5.1.4 Privatparkplätze

Die Privatparkplätze bilden den grösseren Teil des Parkplatzangebotes in der Stadt Zürich. Rund 210'000 beträgt deren Zahl in der Stadt Zürich (Stand 2011). Davon werden rund 90'000 als Grundstückparkplätze und 120'000 als Gebäudeparkplätze beschrieben. Diese Unterscheidung wird in der Analyse aber nicht weiter berücksichtigt.

In der folgenden Tabelle sind die privaten Parkplätze nach Quartier aufgelistet.

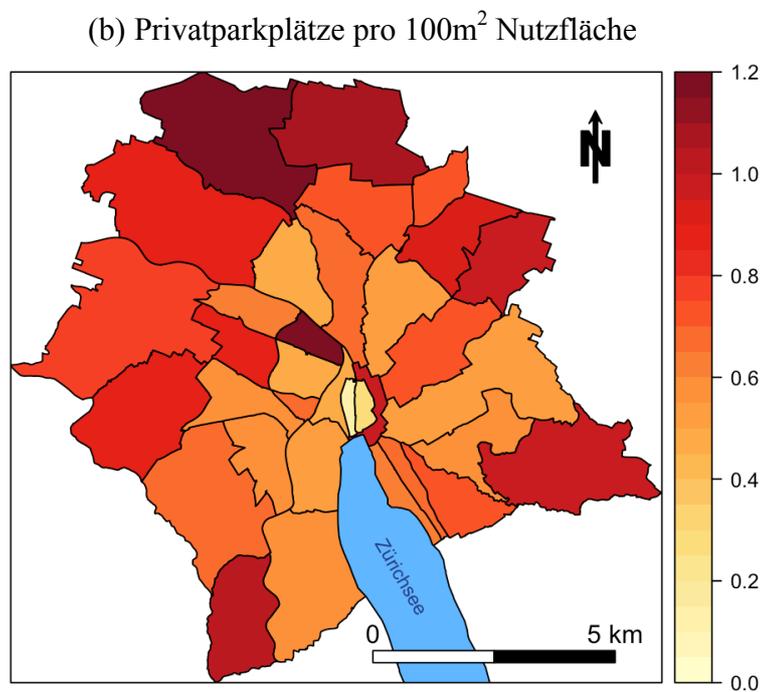
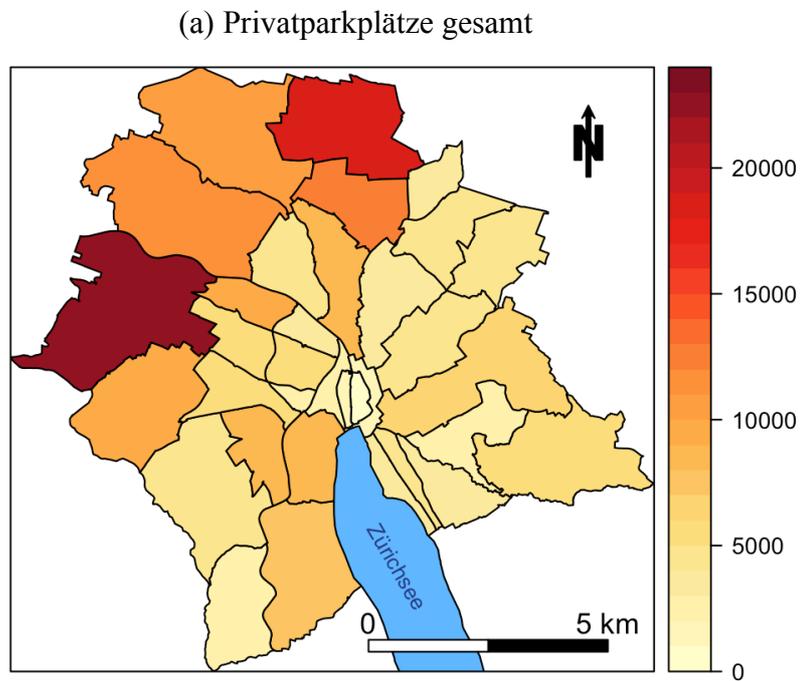
Tabelle 3 Privatparkplätze der Stadt Zürich (nach Parkplätze sortiert)

Quartiername	KreisNr	Parkplätze	Quartiername	KreisNr	Parkplätze
Altstetten	9	22409	Schwamendingen	12	4487
Seebach	11	18082	Wipkingen	10	4378
Oerlikon	11	12224	Friesenberg	3	4367
Höngg	10	11335	Mühlebach	8	4103
Affoltern	11	10587	Hirzenbach	12	4002
Escher Wyss	5	9375	Weinegg	8	3878
Albisrieden	9	9129	Oberstrass	6	3620
Alt-Wiedikon	3	8716	Gewerbeschule	5	3293
Unterstrass	6	8497	Seefeld	8	3292
Enge	2	8090	Saatlen	12	3028
Wollishofen	2	7083	Hirslanden	7	2713
Hottingen	7	6218	City	1	2639
Sihlfeld	3	5894	Leimbach	2	2133
Langstrasse	4	5749	Werd	4	2088
Hard	4	5337	Hochschulen	1	1466
Witikon	7	5246	Lindenhof	1	1129
Fluntern	7	4604	Rathaus	1	502

Daten: Stadt Zürich (2012)

Die folgende Abbildung zeigt die Anzahl der Privatparkplätze und deren Dichten nach der Flächennutzung auf:

Abbildung 13 Privatparkplätze in Zürcher Quartieren



Quelle: Stadt Zürich (2012)

Werden die absoluten Zahlen pro Quartier betrachtet, so hebt sich Altstetten mit über 20'000 privaten Parkplätzen hervor. Bei der Parkplatzdichte entsprechend der Nutzflächen entsteht wiederum ein anderes Bild. Die Quartiere Gewerbeschule und Affoltern haben vergleichsweise hohe Parkplatzdichten. Affoltern sticht nicht mehr hervor, zeigt aber dennoch hohe Werte in der Parkplatzdichte.

5.2 Parkplatzpreise

In diesem Abschnitt werden die Parkplatzmietpreise realer Angebote in Zürich analysiert. Um die Situation in der Stadt Zürich besser einschätzen zu können, werden die Preise in den umliegenden Gemeinden auf Kantonebene ebenfalls betrachtet. Der Datensatz umfasst die Mietpreise von webbasierten Inseraten zwischen 2009 und 2014 im ganzen Kanton Zürich. Es handelt sich hierbei nicht um abgeschlossene Mietverträge, sondern nur um Angebote seitens Privater. Die realen Mietpreise von Parkplätzen werden also entweder gleich hoch oder tiefer liegen. Es kann aber angenommen werden, das Inserierende denjenigen Preis angeben, mit dem sie hoffen ihren Parkplatz auch wirklich vermieten zu können. Deshalb bieten die verfügbaren Preisinformationen eine gute Basis für eine hedonische Preismodellierung. Rund 11'700 Parkplatzmietpreise sind im Datensatz innerhalb der Kantons Grenzen Zürichs erhalten. Davon liegen 5580, nahezu die Hälfte, innerhalb der Stadtgrenzen von Zürich. Im Folgenden werden diese Parkplatzmietpreise analysiert.

Tabelle 4 Vergleich der Parkplatzmietpreise in Stadt und Kanton Zürich

Mietpreis	Anzahl Angebote	Mittelwert	Min	Median	Max	Std.Ab.
Kanton Zürich	11663	112.3	10	100	1490	76.4
Kanton Zürich (ohne Stadt)	6069	82.0	10	60	840	49.7
Stadt Zürich	5583	145.3	20	136	1490	86.0

Daten: Web (2009-2014)

Die Preise auf Kantons- und Stadtebene zeigen grosse Unterschiede auf. Wird der Kanton ohne die Stadt betrachtet, so liegen die Unterschiede in den Mittelwerten von Stadt und restlichem Kanton bei CHF 63.-. Die Standardabweichung ausserhalb der Stadt Zürich ist ebenfalls einiges geringer. Die Unterschiede bei der Anzahl an Beobachtungen sind auf ungenaue Angaben im Datensatz zurückzuführen. In Tabelle 5 sind die Mietpreise in der Stadt Zürich auf Quartiersebene aufgelistet.

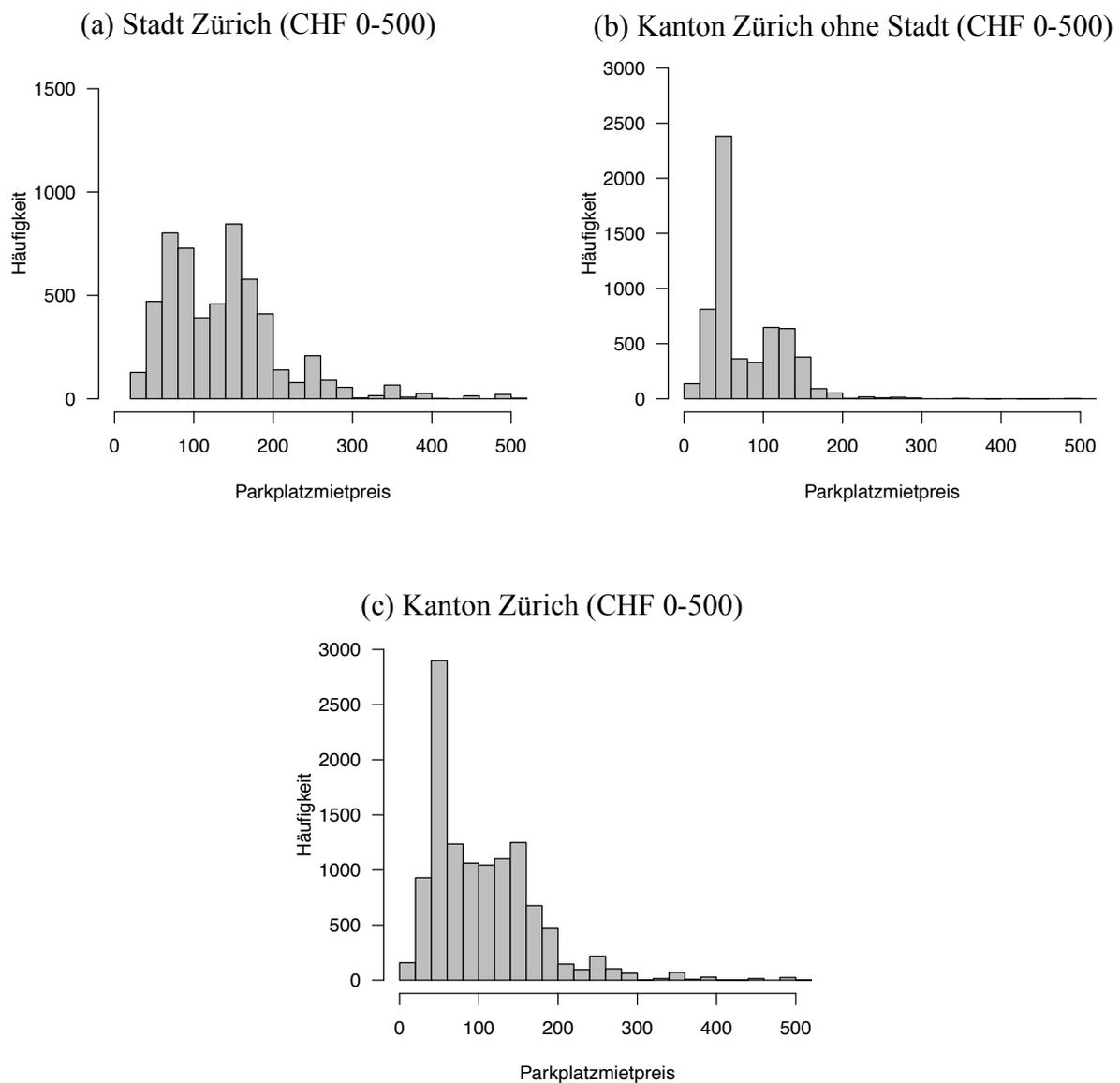
Tabelle 5 Parkplatzmietpreise in der Stadt Zürich (nach Mittelwert sortiert)

Quartiername	KreisNr	Anzahl Angebote	Mittelwert	Min	Median	Max	Std.Ab.
Lindenhof	1	15	526.0	45	600	600	195.3
Hochschulen	1	7	453.6	330	510	550	87.9
City	1	52	448.2	260	450	807	96.3
Rathaus	1	14	415.0	210	400	550	112.0
Seefeld	8	74	248.6	50	200	1490	220.5
Enge	2	229	245.2	50	220	700	114.4
Mühlebach	8	126	221.7	55	250	400	64.7
Werd	4	72	196.5	50	200	350	54.6
Hottingen	7	239	190.4	25	200	400	64.7
Fluntern	7	132	189.8	110	160	350	56.8
Oberstrass	6	144	174.0	70	185	950	83.7
Langstrasse	4	162	171.4	60	170	700	72.6
Hirslanden	7	67	170.9	50	170	350	57.1
Unterstrass	6	328	159.9	25	160	600	77.2
Hard	4	80	156.9	50	120	275	70.2
Höngg	10	278	142.3	45	150	400	52.9
Saatlen	12	30	142.1	50	129	320	66.6
Wollishofen	2	247	137.9	25	150	250	55.6
Gewerbeschule	5	146	132.0	60	120	350	48.9
Weinegg	8	199	132.0	50	150	420	46.6
Wipkingen	10	376	128.8	60	120	500	46.7
Sihlfeld	3	292	127.4	55	120	350	41.4
Alt-Wiedikon	3	385	124.3	20	120	350	48.5
Seebach	11	228	116.8	40	100	600	75.7
Escher Wyss	5	28	116.3	30	180	189	72.8
Oerlikon	11	413	115.4	25	110	300	48.8
Altstetten	9	199	112.3	30	110	250	37.1
Witikon	7	195	112.0	30	130	200	55.9
Friesenberg	3	20	111.5	75	95	160	30.9
Albisrieden	9	314	99.6	20	80	451	45.7
Hirzenbach	12	47	92.2	50	75	200	43.0
Affoltern	11	249	92.0	30	75	250	41.4
Schwamendingen	12	186	78.2	25	60	200	33.9
Leimbach	2	10	70.0	40	75	110	21.6

Daten: Web (2009-2014)

In den teuersten Quartieren sind relativ wenige Beobachtungen vorzufinden, was die Aussagekraft der Mietpreise teilweise mindert. Die höchsten Parkplatzmietpreise sind im Schnitt in der Innenstadt, also im Stadtkreis 1 vorzufinden. Die Streuung ist in den teureren Quartieren ebenfalls grösser, in zwei Quartieren liegen sie bei rund CHF 200.-. Um die Verteilung der Mietpreise besser aufzeigen zu können, werden in der folgenden Abbildung die Histogramme für Mietpreise von Stadt und Kanton betrachtet:

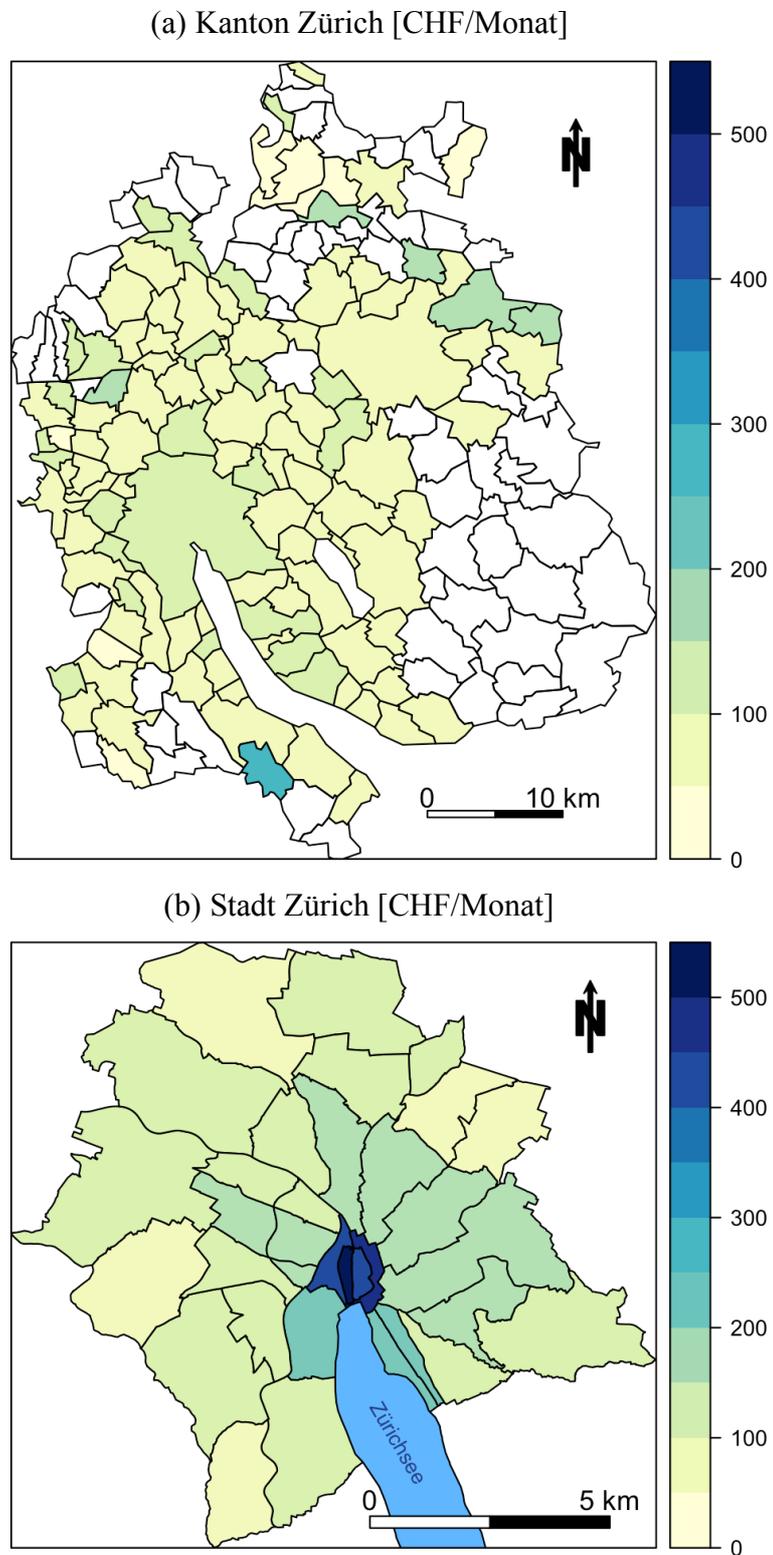
Abbildung 14 Verteilung der Parkplatzmietpreise in Stadt und Kanton Zürich



Daten: Web (2009-2014)

In der Stadt Zürich sind Spitzen bei CHF 60-80 und CHF 140-160 zu beobachten. Auf Kantonsebene liegt der häufigste Mietpreis bei CHF 40-60 gefolgt von Mietpreisen von CHF 100-120. Im Gegensatz zur Stadt gibt es im umliegenden Kantonsgebiet nur sehr wenige Parkplätze mit einem Mietpreis oberhalb von CHF 200.-. In Abbildung 15 ist die räumliche Verteilung der Preise im Kanton auf Gemeindeebene und in der Stadt auf Quartiersebene dargestellt.

Abbildung 15 Mittlere Parkplatzmietpreise in Kanton und Stadt Zürich



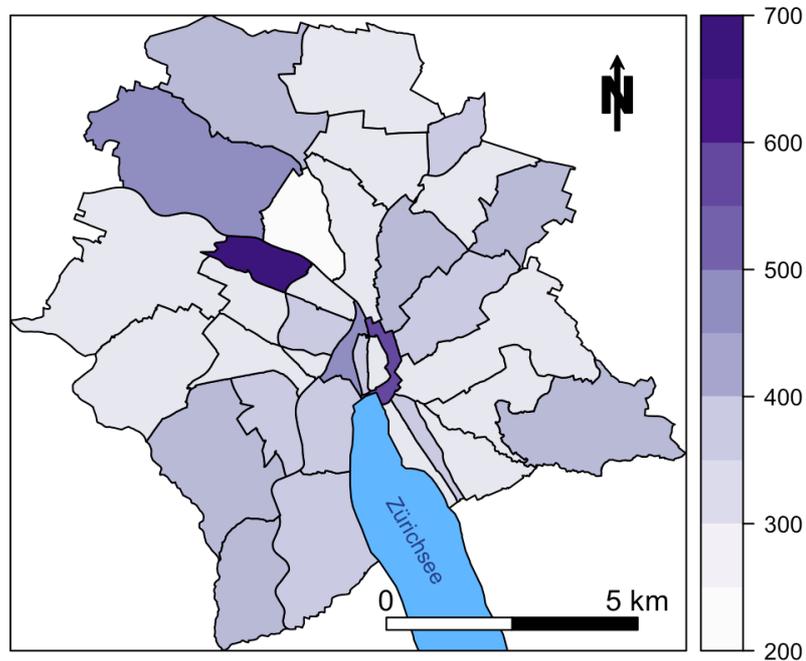
Daten: Web (2009-2014)

Die Stadt Zürich ist leicht dunkler gefärbt als die meisten umliegenden Gemeinden, was vor allem auf die hohen Mietpreise in der Innenstadt und City-nahen Gebieten zurückzuführen ist. Denn viele Zürcher Quartiere an der Stadtgrenze zeigen ähnliche Durchschnittspreise zu angrenzende Gemeinden. Farblose Gemeinden bedeuten, dass in diesen Gemeinden keine Daten zu Mietpreisen vorhanden sind. Einzelne dunkel gefärbte Gemeinden sind meist die Folge von wenigen Beobachtungen mit hohen Mietpreisen. Die meisten Gemeinden haben Beobachtungen im zweistelligen Bereich, davon einige im einstelligen Bereich. Deshalb werden hier die Preise über die Stadtgrenze hinaus nur zur Illustration dargestellt. Ausnahmen bilden stark bevölkerte Gemeinden wie etwa Winterthur oder Dietikon, welche mehrere Hundert Datenpunkte umfassen.

5.3 Weitere Variablen

Bevor zu den potentiell relevanten Variablen übergegangen wird, werden einige demografisch wichtige Faktoren, welche einen Einfluss auf die Parkplatzpreise haben könnten, räumlich dargestellt und analysiert. Ob und in welchem Masse diese die Mietpreise beeinflussen, wird sich im nächsten Kapitel zeigen. Der PW-Besitz dürfte eine solche Variable sein, denn je höher die Anzahl von Autobesitzern in den Quartieren ist, desto höher sollte auch die Nachfrage nach Parkplätzen sein. Es macht Sinn, wie die Parkplatzdichte auch den PW-Besitz ins Verhältnis zu setzen mit einer lokalen Variable, in diesem Fall ist es die Dichte von Wohneinheiten. In Abbildung 16 ist der PW-Besitz räumlich dargestellt.

Abbildung 16 PW-Besitz in Zürcher Quartieren [Anzahl PW / 1000 Wohneinheiten]

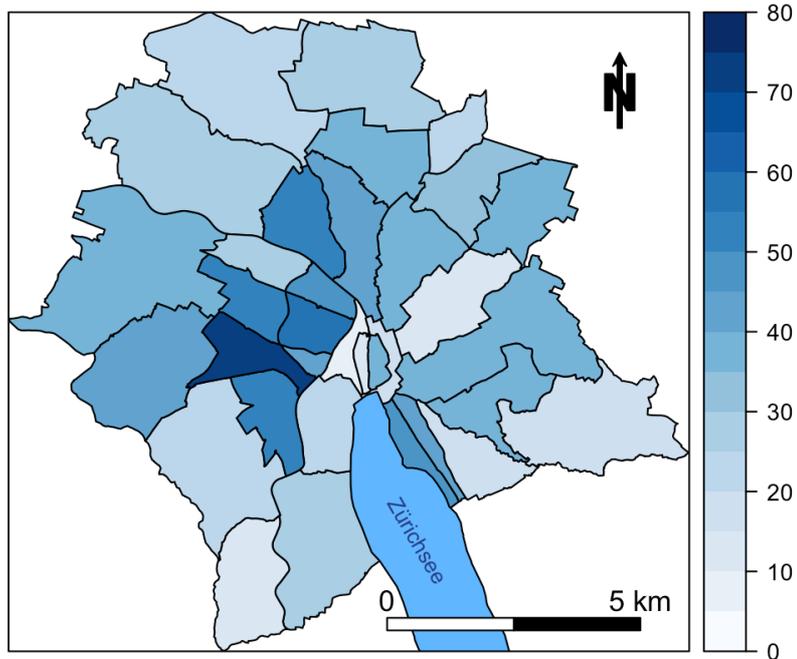


In den Quartieren Escher Wyss und Hochschulen liegt der PW-Besitz maximal bei 650 bzw. 570 und in Wipkingen bei 220. Verglichen mit dem Kanton, wo gerade mal 25 Prozent der Haushalte kein Auto besitzen (Kanton Zürich, 2013), ist der PW-Besitz in der Stadt Zürich relativ klein.

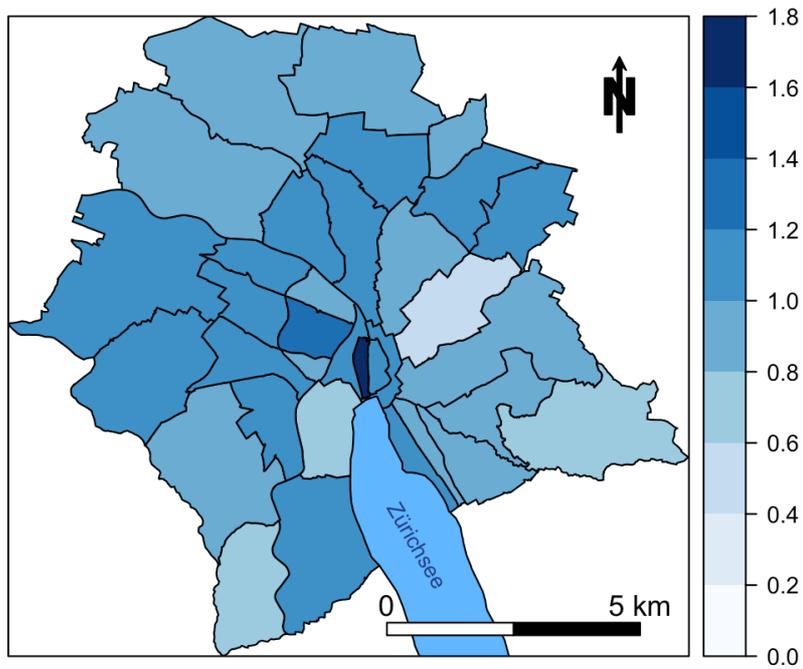
Als weitere Variable können Haushalte betrachtet werden. In der folgenden Abbildung werden Haushalte mit eins oder zwei Personen betrachtet. Abbildung 17a zeigt die Anzahl von Ein- oder Zwei Personenhaushalten pro Hektar Land. In Abbildung 17b wird die Anzahl Ein- oder Zwei Personenhaushalte pro 100m² Wohnfläche dargestellt. Beide Variablen gelten innerhalb von R = 300m vom betrachteten Datenpunkt.

Abbildung 17 Ein- oder Zwei Personenhaushalte pro ha Land und pro 100m² Wohnfläche in Zürcher Quartieren (R=300m)

(a) Ein oder Zwei Personenhaushalte pro Hektar Land



(b) Ein oder Zwei Personenhaushalte pro 100m² Wohnfläche



Im Sihlfeld ist die 1-2-Personen Haushaltsdichte pro Hektar am höchsten, in der City am tiefsten. Diese Haushaltsdichten könnten im Modell den Einfluss kinderloser Haushalte bzw. Haushalte Alleinerziehender aufzeigen. Die Abbildung 17b berücksichtigt zudem den Anteil der 1-2-Personenhaushalte an der gesamten Wohnnutzung. Die hohen Dichten in der Innenstadt zeigen, dass der Anteil von 1-2-Personenhaushalten gross ist, auch wenn die absolute Anzahl pro Hektar klein ist. Die Daten für die Haushaltsdichten gelten lokal im Umkreis von 300 m. Daraus wurde der Quartiersdurchschnitt errechnet.

Abbildung 18 Dichte von ÖV – Haltestellen in Zürcher Quartieren [$1/\text{km}^2$] ($R=200\text{m}$)

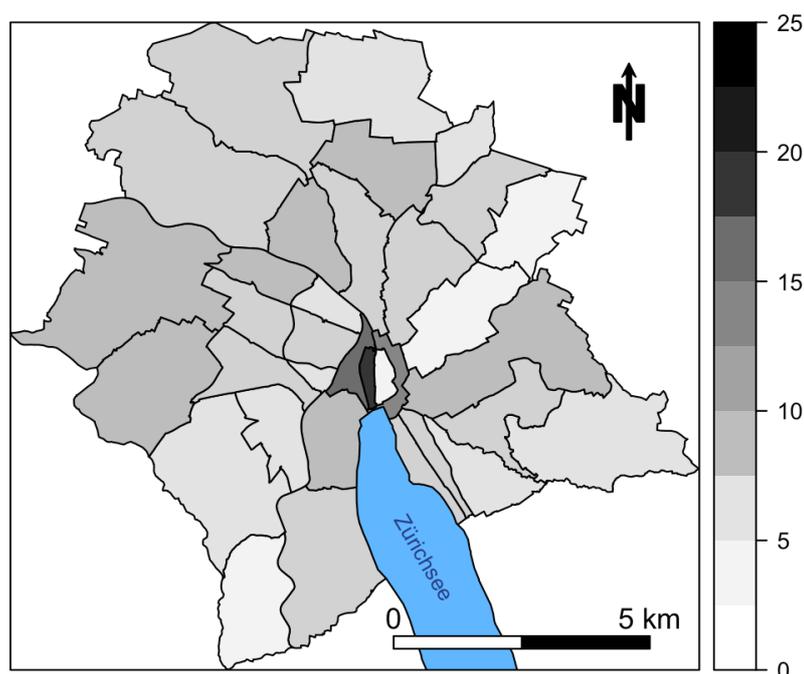


Abbildung 18 zeigt, dass ÖV-Haltestellen über die ganze Stadt hinweg relativ regelmässig verteilt sind und keine grossen Unterschiede bestehen. Ausnahme bilden die City, der Lindenhof und die Hochschulen. Der Radius von 200 m entspricht dem Geltungsradius der Dichte bezogen auf einen räumlichen Punkt.

Im folgenden Abschnitt findet die deskriptive Statistik aller im Modell berücksichtigten Variablen statt. Im nächsten Kapitel werden dann die Resultate der verschiedenen Regressionsmethoden eingeführt. Die Korrelationsmatrix ist in Tabelle 8 aufgeführt.

5.4 Relevante Variablen

Tabelle 6 listet die im Modell berücksichtigten Variablen auf. Die Variablen wurden auf iterativem Wege ermittelt, bis keine starken Korrelationen mehr auftraten und signifikante Resultate aus der Regression folgten (siehe Kapitel 6). Die darauffolgende Tabelle 7 zeigt die deskriptive Statistik der relevanten Variablen.

Tabelle 6 Relevante Variablen: Beschreibung

Variablenname	Beschreibung	Einheit
Abhängige Variable		
RPPM	Mietpreis pro Monat	[CHF]
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie		
Car_Own	PW-Besitz: Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten	[PW / 1000 WE]
ratio_strass_100	Anteil unlimitierter Strassenparkplätze an allen Strassenparkplätzen (R=100m)	[%]
ratio_priv_200	Verhältnis der Privatparkplätze zur Gesamtheit der Privatparkplätze und unlimitierten Strassenparkplätze (R=200m)	[%]
privpp_500	Anzahl Privatparkplätze im Umkreis von 500m	[#PP]
bh300	1 falls Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden	[dummy]
bz05_h_1km	Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie innerhalb 1 km	[#Jobs]
hh12_300_12_res	1-2-Personenhaushalte pro 100m ² Wohnfläche (R=300m)	[100m ⁻²]
PBRstrassLim100tot	Strassenparkplätze limitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	[100m ⁻²]
PBRstrassU100tot	Strassenparkplätze unlimitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	[100m ⁻²]
PBRpriv100tot	Privatparkplätze pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	[100m ⁻²]
commerc_300	Kommerziell genutzte Fläche pro km ² (R=300m)	[m ² / km ²]
retail_200	Für Detailhandel genutzte Fläche pro km ² (R=200m)	[m ² / km ²]
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen		
gr_slope_d	Oberflächenneigung	[%]
Garage	1 falls Garage	[dummy]
Year2009*	Inserat aus dem Jahr 2009	[dummy]
Year2010	Inserat aus dem Jahr 2010	[dummy]
Year2011	Inserat aus dem Jahr 2011	[dummy]
Year2012	Inserat aus dem Jahr 2012	[dummy]
Year2013	Inserat aus dem Jahr 2013	[dummy]
Year2014	Inserat aus dem Jahr 2014	[dummy]
Kr1*	Kreis 1	[dummy]
Kr2	Kreis 2	[dummy]
Kr3	Kreis 3	[dummy]
Kr4	Kreis 4	[dummy]
Kr5	Kreis 5	[dummy]
Kr6	Kreis 6	[dummy]
Kr7	Kreis 7	[dummy]
Kr8	Kreis 8	[dummy]
Kr9	Kreis 9	[dummy]
Kr10	Kreis 10	[dummy]
Kr11	Kreis 11	[dummy]
Kr12	Kreis 12	[dummy]
* Basisvariable		

Tabelle 7 Relevante Variablen: Deskriptive Statistik

Variablenname	Mittelwert	Min	Median	Max	Std.Ab.	Einheiten
Abhängige Variable						
RPPM	145.31	20.00	136.00	1490.00	85.98	[CHF]
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie						
Car_Own	353.45	0.00	334.38	1036.19	122.48	[PW / 1000 WE]
ratio_strass_100	0.79	0.00	1.00	1.00	0.32	[%]
ratio_priv_200	0.82	0.38	0.84	1.00	0.11	[%]
privpp_500	3139.66	323.00	3117.00	8436.00	1307.95	[#PP]
bh300	0.09	0.00	0.00	1.00	0.29	[dummy]
bz05_h_1km	1026.35	9.32	558.44	7413.95	1266.65	[#Jobs]
hh12_300_12_res	0.99	0.38	1.00	5.68	0.27	[100m ⁻²]
PBRstrassLim100tot	0.03	0.00	0.00	1.89	0.09	[100m ⁻²]
PBRstrassU100tot	0.15	0.00	0.12	1.19	0.13	[100m ⁻²]
PBRpriv100tot	0.72	0.01	0.63	10.08	0.54	[100m ⁻²]
commerc_300	141126.15	123.79	106403.92	1366681.13	151848.32	[m ² / km ²]
retail_200	57614.34	0.00	33064.44	1667386.75	90563.94	[m ² / km ²]
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen						
gr_slope_d	3.76	0	2.43	22.79	3.53	[%]
Garage	0.19	0	0.00	1.00	0.39	[dummy]
Year2009*	0.17	0	0.00	1.00	0.38	[dummy]
Year2010	0.19	0	0.00	1.00	0.39	[dummy]
Year2011	0.22	0	0.00	1.00	0.42	[dummy]
Year2012	0.31	0	0.00	1.00	0.46	[dummy]
Year2013	0.10	0	0.00	1.00	0.30	[dummy]
Year2014	0.09	0	0.00	1.00	0.28	[dummy]
Kr1*	0.12	0	0.00	1.00	0.33	[dummy]
Kr2	0.06	0	0.00	1.00	0.23	[dummy]
Kr3	0.03	0	0.00	1.00	0.17	[dummy]
Kr4	0.08	0	0.00	1.00	0.28	[dummy]
Kr5	0.11	0	0.00	1.00	0.32	[dummy]
Kr6	0.07	0	0.00	1.00	0.26	[dummy]
Kr7	0.09	0	0.00	1.00	0.29	[dummy]
Kr8	0.12	0	0.00	1.00	0.32	[dummy]
Kr9	0.16	0	0.00	1.00	0.37	[dummy]
Kr10	0.05	0	0.00	1.00	0.21	[dummy]
Kr11	3.76	0	2.43	22.79	3.53	[dummy]
Kr12	0.19	0	0.00	1.00	0.39	[dummy]
* Basisvariable						

6 Resultate

In diesem Kapitel wird zuerst die Korrelationsmatrix der Variablen dargestellt. Danach wird auf die Resultate der verschiedenen Modelle eingegangen.

6.1 Korrelationsmatrix

Eine wichtige Annahme der Regressionsmethoden ist die, dass die erklärenden Variablen voneinander unabhängige Grössen sein müssen (siehe Abschnitt 3.1). Eine Möglichkeit, Abhängigkeiten zwischen zwei Variablen sichtbar zu machen, ist die Betrachtung der Korrelation. Dabei darf natürlich nicht der Fehler gemacht werden, Korrelation und Abhängigkeit gleichzusetzen. Es ist aber eine bewährte Methode ohne grossen Aufwand Abhängigkeiten festzustellen.

In der folgenden Tabelle ist die Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen dargestellt. Dabei sind nur die für die Modelle verwendeten Variablen aufgeführt. Aufgrund der Symmetrie der Korrelationsmatrix und zur Übersichtlichkeit wurde nur eine Hälfte abgebildet. Werte grösser als 0.5 wurden mit rot markiert, Werte zwischen 0.4 und 05 orange.

Tabelle 8 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen

Variablenname	Car_Own	ratio_strass_100	ratio_priv_200	privpp_500	bh300	bz05_h_1km
Car_Own	1.00	0.04	0.17	-0.16	-0.05	-0.13
ratio_strass_100		1.00	-0.44	-0.36	-0.29	-0.50
ratio_priv_200			1.00	0.36	0.25	0.17
privpp_500				1.00	0.34	0.42
bh300					1.00	0.32
bz05_h_1km						1.00
hh12_300_12_res						
PBRstrassLim100tot						
PBRstrassU100tot						
PBRpriv100tot						
commerc_300						
retail_200						
gr_slope_d						
Garage						
Year2010						
Year2011						
Year2012						
Year2013						
Year2014						
Kr2						
Kr3						
Kr4						
Kr5						
Kr6						
Kr7						
Kr8						
Kr9						
Kr10						
Kr11						
Kr12						

Tabelle 8 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen (Fortsetzung)

Variablenname	hh12_300 12_res	PBRstrass Lim100tot	PBRstrass U100tot	PBRpriv 100tot	commerc_300	retail_200
Car_Own	-0.34	0.04	0.03	0.18	-0.11	-0.16
ratio_strass_100	-0.13	-0.39	0.46	-0.04	-0.52	-0.39
ratio_priv_200	0.15	0.16	-0.55	0.28	0.32	0.30
privpp_500	0.15	0.15	-0.27	0.00	0.55	0.35
bh300	-0.01	0.14	-0.17	-0.03	0.45	0.35
bz05_h_1km	0.11	0.26	-0.21	-0.10	0.67	0.44
hh12_300_12_res	1.00	-0.02	-0.10	0.00	0.01	0.13
PBRstrassLim100tot		1.00	0.12	0.41	0.21	0.11
PBRstrassU100tot			1.00	0.19	-0.31	-0.28
PBRpriv100tot				1.00	-0.11	-0.11
commerc_300					1.00	0.54
retail_200						1.00
gr_slope_d						
Garage						
Year2010						
Year2011						
Year2012						
Year2013						
Year2014						
Kr2						
Kr3						
Kr4						
Kr5						
Kr6						
Kr7						
Kr8						
Kr9						
Kr10						
Kr11						
Kr12						

Tabelle 8 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen (Fortsetzung)

Variablenname	gr_slope_d	Garage	Year2010	Year2011	Year2012	Year2013	Year2014
Car_Own	0.27	0.09	0.09	-0.01	-0.05	-0.03	0.00
ratio_strass_100	0.16	0.08	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.04
ratio_priv_200	-0.20	-0.08	0.04	0.03	0.04	-0.04	-0.07
privpp_500	-0.48	-0.12	-0.05	0.04	0.04	0.03	-0.07
bh300	-0.16	-0.02	0.01	0.07	-0.01	-0.04	-0.02
bz05_h_1km	-0.17	-0.08	-0.03	-0.02	0.02	0.05	-0.03
hh12_300_12_res	-0.30	-0.07	0.02	-0.01	0.02	-0.02	-0.02
PBRstrassLim100tot	-0.11	-0.05	-0.04	-0.02	-0.01	0.08	-0.04
PBRstrassU100tot	0.15	0.10	0.00	-0.03	-0.03	0.03	0.04
PBRpriv100tot	-0.03	0.00	0.06	0.01	-0.03	-0.01	-0.03
commerc_300	-0.28	-0.08	-0.03	0.02	-0.02	0.07	-0.06
retail_200	-0.27	-0.04	-0.01	0.02	0.01	0.00	-0.03
gr_slope_d	1.00	0.15	0.05	0.05	-0.03	-0.11	0.07
Garage		1.00	0.25	0.09	-0.09	-0.15	-0.07
Year2010			1.00	-0.22	-0.24	-0.30	-0.15
Year2011				1.00	-0.26	-0.32	-0.16
Year2012					1.00	-0.36	-0.18
Year2013						1.00	-0.22
Year2014							1.00
Kr2							
Kr3							
Kr4							
Kr5							
Kr6							
Kr7							
Kr8							
Kr9							
Kr10							
Kr11							
Kr12							

Tabelle 8 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen (Fortsetzung)

Variablenname	Kr2	Kr3	Kr4	Kr5	Kr6	Kr7	Kr8	Kr9	Kr10	Kr11	Kr12
Car_Own	0.06	-0.15	0.02	-0.20	-0.02	0.26	0.04	-0.05	-0.05	-0.01	0.08
ratio_strass_100	-0.09	-0.05	-0.12	-0.07	-0.09	0.14	-0.07	0.08	0.20	0.01	0.10
ratio_priv_200	-0.11	0.01	-0.02	-0.11	-0.05	-0.13	0.15	0.16	-0.21	0.17	0.02
privpp_500	-0.17	0.21	0.18	0.07	-0.04	-0.21	-0.05	0.13	-0.19	0.16	-0.14
bh300	0.05	-0.08	0.01	-0.05	-0.06	-0.11	0.01	-0.03	0.06	0.09	-0.07
bz05_h_1km	-0.03	-0.06	0.33	0.18	0.22	-0.04	-0.01	-0.19	-0.13	-0.18	-0.15
hh12_300_12_res	-0.13	0.25	0.11	0.00	-0.04	-0.32	-0.05	0.17	-0.01	0.00	0.00
PBRstrassLim100tot	0.08	-0.05	0.06	0.23	0.02	-0.04	0.01	-0.08	-0.10	0.00	-0.03
PBRstrassU100tot	0.01	-0.06	-0.11	0.14	-0.05	0.09	-0.12	-0.11	0.14	0.03	0.10
PBRpriv100tot	-0.10	-0.10	-0.04	0.12	-0.06	0.00	-0.01	0.07	-0.06	0.17	0.08
commerc_300	0.22	0.12	0.09	0.06	0.03	-0.18	0.09	-0.04	-0.22	-0.12	-0.17
retail_200	-0.03	0.02	0.05	0.14	-0.08	-0.13	0.04	0.10	-0.14	-0.02	-0.11
gr_slope_d	0.08	-0.22	-0.23	-0.18	0.25	0.21	-0.01	-0.15	0.39	-0.11	-0.16
Garage	0.02	-0.06	-0.01	-0.06	-0.01	0.11	-0.06	-0.04	0.11	-0.04	-0.03
Year2010	-0.04	-0.01	-0.04	-0.05	0.05	0.00	-0.02	0.03	0.05	0.01	-0.03
Year2011	-0.01	-0.03	-0.04	-0.04	0.03	-0.01	-0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Year2012	-0.05	0.04	0.02	-0.05	0.00	0.01	0.01	-0.01	-0.01	0.02	-0.04
Year2013	0.06	0.00	0.06	0.12	-0.04	0.01	0.02	-0.01	-0.09	-0.04	0.00
Year2014	0.04	-0.02	0.00	0.00	-0.04	-0.02	0.00	-0.04	0.05	-0.01	0.05
Kr2	1.00	-0.12	-0.08	-0.06	-0.09	-0.11	-0.09	-0.10	-0.11	-0.13	-0.07
Kr3		1.00	-0.09	-0.07	-0.11	-0.14	-0.10	-0.12	-0.14	-0.16	-0.08
Kr4			1.00	-0.04	-0.07	-0.09	-0.07	-0.08	-0.09	-0.11	-0.05
Kr5				1.00	-0.05	-0.06	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.04
Kr6					1.00	-0.11	-0.08	-0.10	-0.11	-0.13	-0.07
Kr7						1.00	-0.10	-0.11	-0.13	-0.16	-0.08
Kr8							1.00	-0.09	-0.10	-0.12	-0.06
Kr9								1.00	-0.12	-0.14	-0.07
Kr10									1.00	-0.16	-0.08
Kr11										1.00	-0.10
Kr12											1.00

6.2 OLS Modell

Die Regression und alle sonstigen Berechnungen und Analysen wurden mit dem Statistikprogramm R durchgeführt. Mit der Funktion `lm()` und der Eingabe der Variablennamen berechnet das Programm das entsprechende OLS Modell. Nebst den Koeffizienten der erklärenden Variablen, welche in der folgende Tabelle *Schätzung* genannt werden, schätzt die Funktion auch die Standardabweichung, den t Wert und den p Wert, die beiden letzten entsprechen den Resultaten der Teststatistik. Zum Schluss werden noch das Bestimmtheitsmass R^2 und das Informationskriterium AIC (*Akaike Information Criterion*) angegeben, welche anschliessend dem Vergleich der verschiedenen Modelle dienen.

Das Bestimmtheitsmass beschreibt das Verhältnis der Variation in der abhängigen Variable (hier der Mietpreis), welche durch die unabhängigen Variablen erklärt wird (Wooldridge, 2003, S. 193). Es ist ein Standardwert, welches der Einschätzung des OLS Modells dient. AIC ist eine weitere Kenngrösse welche die Qualität eines Modells beschreibt. Je mehr sich die AIC-Werte zweier Modelle voneinander unterscheiden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass beide Modelle signifikant unterschiedlich sind, wobei dasjenige Modell mit dem kleineren AIC Wert das Bessere ist (Du und Mulley, 2012, S. 51).

Tabelle 9 OLS Modell

Abhängige Variable = log(Mietpreis)			
Variablenname	Schätzwert	t	Sign.
Konstante	5.68430	47.70	***
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie			
PW-Besitz: Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten	0.00015	2.59	**
Anteil unlimitierter Strassenparkplätze an allen Strassenparkplätzen (R=100m)	-0.08432	-3.05	**
Verhältnis der Privatparkplätze zur Gesamtheit der Privatparkplätze und unlimitierten Strassenparkplätze (R=200m)	-0.64983	-7.80	***
Anzahl Privatparkplätze im Umkreis von 500m	0.00005	6.51	***
1 falls Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden	0.08436	3.72	***
Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie innerhalb 1 km	0.00011	11.74	***
1-2-Personenhaushalte pro 100m ² Wohnfläche (R=300m)	-0.11911	-3.70	***
Strassenparkplätze limitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	0.30344	4.47	***
Strassenparkplätze unlimitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.45524	-8.00	***
Privatparkplätze pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.02471	-1.91	.
Kommerziell genutzte Fläche pro km ² (R=300m)	$2.85 \cdot 10^{-7}$	3.53	***
Für Detailhandel genutzte Fläche pro km ² (R=200m)	$2.32 \cdot 10^{-7}$	2.62	**
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen			
Oberflächenneigung	0.01413	6.04	***
1 falls Garage	0.33149	18.13	***
Inserat aus dem Jahr 2010	-0.24105	-3.19	**
Inserat aus dem Jahr 2011	-0.21538	-2.87	**
Inserat aus dem Jahr 2012	-0.28639	-3.82	***
Inserat aus dem Jahr 2013	-0.22127	-2.96	**
Inserat aus dem Jahr 2014	-0.24209	-3.19	**
Kreis 2	-0.15234	-2.25	*
Kreis 3	-0.36370	-5.17	***
Kreis 4	-0.32015	-5.05	***
Kreis 5	-0.51828	-7.73	***
Kreis 6	-0.33146	-4.90	***
Kreis 7	-0.19069	-2.84	**
Kreis 8	-0.04232	-0.64	
Kreis 9	-0.43943	-6.06	***
Kreis 10	-0.29727	-4.37	***
Kreis 11	-0.46934	-6.85	***
Kreis 12	-0.49395	-7.03	***

Bestimmtheitsmass $R^2 = 0.4126$

AIC = 5940.6

 $H_0 =$ *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; . $p < 0.1$

6.3 SAR Modelle

Um die verschiedenen SAR-Modelle mittels Regression bestimmen zu können, musste zuerst eine Nachbarschafts- und Gewichtungsmatrix generiert werden (siehe Abschnitt 3.4). Die im Modell zu berücksichtigende Matrix konnte anhand des Moran's I Test für räumliche Autokorrelation getestet werden. Bei der Bestimmung der Nachbarschaftsmatrix wurde einmal eine maximale Distanz zum entferntesten Nachbarn berücksichtigt und einmal nur die Anzahl der Nachbarn beschränkt. Die Bestimmung der Anzahl Nachbarn erfolgte auf Grundlage des AIC Wertes der SAR Modelle. Mit der linear zur Distanz abnehmenden Gewichtung konnte schliesslich nach genügenden Iterationsschritten die Distanz und die Anzahl Nachbarn bestimmt werden, mit denen die besten AIC Werte respektive die höchsten Moran's I Werte resultierten. Der Radius wurde zu $D = 132$ m bestimmt und die Anzahl Nachbarn zu $k = 25$. Eine Distanz von 0m würde bei der Berechnung der Gewichtung in einer Division durch 0 resultieren, was problematisch wäre. Um dies zu umgehen, wurde den Datenpunkten, welche dieselben Koordinaten aufweisen, eine Distanz von 1m zugeordnet und nach dieser gewichtet. In der folgenden Tabelle werden die Moran's I Werte miteinander verglichen:

Tabelle 10 Resultate des Moran's I Tests

Nachbarschaft nach	Moran's I	p Wert
Distanz, ohne Gewichtung ($D = 132$ m)	0.1242	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$
Anzahl, ohne Gewichtung ($k = 25$)	0.2595	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$
Distanz, mit Gewichtung ($D = 132$ m)	0.1246	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$
Anzahl, mit Gewichtung ($k = 25$)	0.6261	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$

Die Definition der Nachbarschaft nach Anzahl und gleichzeitiger Gewichtung weist den grössten Moran's I Wert und damit die höchste räumliche Autokorrelation der Datenpunkte im Modell auf. Zudem maximiert dieser Ansatz auch die AIC Werte (siehe Tabelle 14) Deshalb ist die Nachbarschafts- und Gewichtungsmatrix mit Berücksichtigung einer bestimmten Anzahl von Nachbarn und einer zur Distanz abnehmenden Gewichtung bei der Bestimmung der autoregressiven Koeffizienten zu bevorzugen. Letztere wird für die Berechnung mittels Regression benötigt (Sarlus und Axhausen, 2015).

Anhand des Lagrange-Multiplikator-Tests kann überprüft werden, wo im OLS Modell räumliche Abhängigkeiten existieren. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse aufgelistet:

Tabelle 11 Resultate des Lagrange-Multiplikator-Tests für räumliche Korrelation

Modellparamater	Statistik	p Wert
Fehlerterm (LMerr)	0.1242	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$
Erklärte Variable (LMlag)	0.2595	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$
Fehlerterm + Erklärte Variable (SARMA)	0.1246	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$

Der Test liefert den Nachweis, dass sowohl zwischen den Fehlertermen also auch den erklärten Variablen des OLS Modells mit der gegebenen Nachbarschafts- und Gewichtungsmatrix räumliche Korrelation existiert, und zwar mit höchst signifikanten Resultaten. Deshalb macht es Sinn, die räumliche Autokorrelation mit Hilfe der SAR Modelle zu berücksichtigen.

In der folgenden Tabelle werden die SAR Modelle, welche aus der Regression folgen dargestellt. Das OLS Modell ist als Vergleich ebenfalls aufgeführt. Bei den Bestimmtheitsmassen der SAR Modelle handelt es sich um das Pseudo-Bestimmtheitsmass nach Nagelkerke.

Detailliertere Darstellungen der SAR Modelle wie die des OLS Modells in Tabelle 9 befinden sich im Anhang A 1.

Tabelle 12 OLS und SAR Modelle

Abhängige Variable = log(Mietpreis) Variablenname	OLS		SARerror		SARlag		SAC	
	Schätzwert	Sig.	Schätzwert	Sig.	Schätzwert	Sig.	Schätzwert	Sig.
Konstante	5.68430	***	5.92883	***	1.66994	***	3.57537	***
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie								
PW-Besitz: Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten	0.00015	**	0.00019	.	0.00005	.	0.00013	.
Anteil unlimitierter Strassenparkplätze an allen Strassenparkplätzen (R=100m)	-0.08432	**	-0.12876	**	-0.03217	.	-0.07746	**
Verhältnis der Privatparkplätze zur Gesamtheit der Privatparkplätze und unlimitierten Strassenparkplätze (R=200m)	-0.64983	***	-0.83345	***	-0.26470	***	-0.56480	***
Anzahl Privatparkplätze im Umkreis von 500m	0.00005	***	0.00003	.	0.00001	.	0.00002	.
1 falls Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden	0.08436	***	0.18493	***	0.04136	**	0.10491	***
Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie innerhalb 1 km	0.00011	***	0.00008	***	0.00003	***	0.00005	***
1-2-Personenhaushalte pro 100m ² Wohnfläche (R=300m)	-0.11911	***	-0.15496	**	-0.04340	*	-0.09116	**
Strassenparkplätze limitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	0.30344	***	0.38587	***	0.13305	*	0.28035	***
Strassenparkplätze unlimitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.45524	***	-0.46079	***	-0.18131	***	-0.33517	***
Privatparkplätze pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.02471	.	-0.02422	.	0.00049	.	-0.00878	.
Kommerziell genutzte Fläche pro km ² (R=300m)	2.85·10 ⁻⁷	***	4.21·10 ⁻⁷	**	1.01·10 ⁻⁷	*	2.53·10 ⁻⁷	**
Für Detailhandel genutzte Fläche pro km ² (R=200m)	2.32·10 ⁻⁷	**	1.96·10 ⁻⁷	.	3.94·10 ⁻⁸	.	1.13·10 ⁻⁷	.
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen								
Oberflächenneigung	0.01413	***	0.01243	**	0.00256	.	0.00733	**
1 falls Garage	0.33149	***	0.25260	***	0.19626	***	0.25648	***
H ₀ = *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; . p < 0.1								

Tabelle 12 OLS und SAR Modelle (Fortsetzung)

Abhängige Variable = log(Mietpreis) Variablenname	OLS		SARerror		SARlag		SAC	
	Schätzwert	Sig.	Schätzwert	Sig.	Schätzwert	Sig.	Schätzwert	Sig.
Inserat aus dem Jahr 2010	-0.24105	**	-0.19485	***	-0.15773	***	-0.20095	***
Inserat aus dem Jahr 2011	-0.21538	**	-0.16169	***	-0.13496	**	-0.16950	***
Inserat aus dem Jahr 2012	-0.28639	***	-0.19804	***	-0.17346	***	-0.20811	***
Inserat aus dem Jahr 2013	-0.22127	**	-0.17203	***	-0.13554	**	-0.17689	***
Inserat aus dem Jahr 2014	-0.24209	**	-0.13803	**	-0.11820	**	-0.14733	**
Kreis 2	-0.15234	*	-0.19611		-0.04350		-0.13341	
Kreis 3	-0.36370	***	-0.31636	*	-0.05916		-0.18565	*
Kreis 4	-0.32015	***	-0.25777	.	-0.07038	.	-0.17028	.
Kreis 5	-0.51828	***	-0.45588	**	-0.11225	*	-0.27732	**
Kreis 6	-0.33146	***	-0.29232	*	-0.06041		-0.17824	*
Kreis 7	-0.19069	**	-0.18208		-0.04634		-0.12673	
Kreis 8	-0.04232		-0.09637		0.00056		-0.05397	
Kreis 9	-0.43943	***	-0.43519	**	-0.08773	.	-0.25446	**
Kreis 10	-0.29727	***	-0.33893	*	-0.08563	.	-0.21539	*
Kreis 11	-0.46934	***	-0.50686	***	-0.10998	*	-0.29378	***
Kreis 12	-0.49395	***	-0.48338	**	-0.10806	*	-0.28408	**
Lambda			0.7538				0.5473	
Rho					0.7348		0.4183	
Bestimmtheitsmass R ²	0.4126							
Pseudo-Bestimmtheitsmass R ² (nach Nagelkerke)			0.7103		0.7068		0.7141	
AIC	5940.6		2025.8		2093.4		1953.8	
H ₀ = *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; . p < 0.1								

6.4 GWR Modell

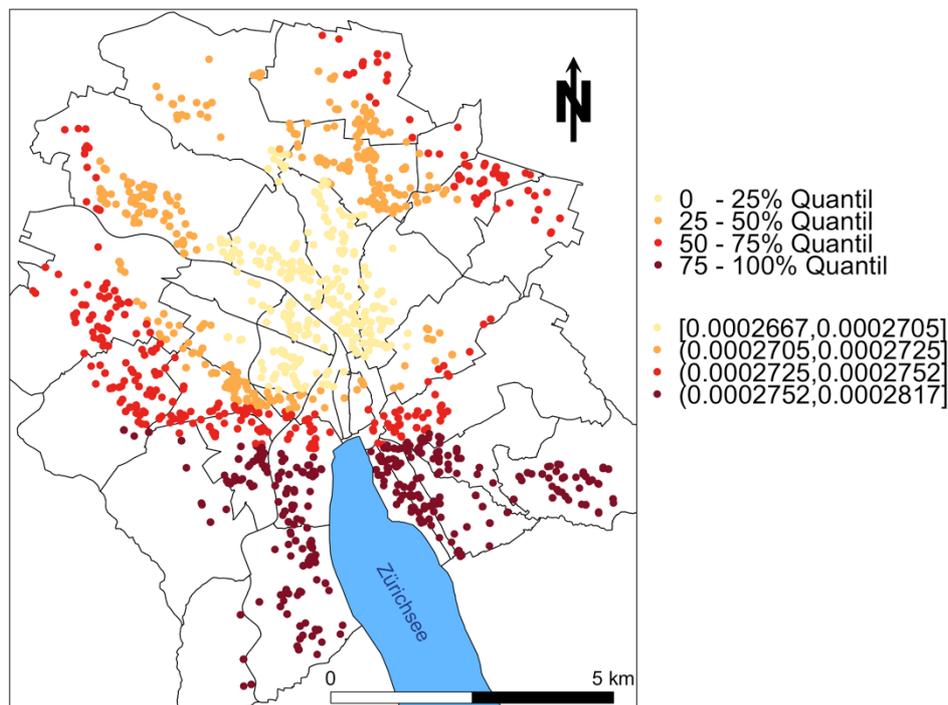
Das GWR Modell kann mittels einer eigens dafür implementierten Funktion in der Statistik Software R berechnet werden. Die Kreis-Variablen wurden für das GWR Modell weggelassen, da sie bei der Berechnung Komplikationen verursachten. In der folgenden Tabelle ist die Verteilung der einzelnen Modellkoeffizienten dargestellt. In der Spalte Global sind die Koeffizienten des OLS Modells ohne Kreis-Variablen dargestellt. Die Koeffizienten entsprechen den Elastizitäten der Mietpreise.

Tabelle 13 GWR Modell

Abhängige Variable = log(Mietpreis)						
Variablenname	Min	1.Quartil	Median	3.Quartil	Max	Global
Konstante	5.45800	5.48200	5.49700	5.51200	5.52800	5.47080
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie						
PW-Besitz: Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten	0.00027	0.00027	0.00027	0.00028	0.00028	0.00030
Anteil unlimitierter Strassenparkplätze an allen Strassenparkplätzen (R=100m)	-0.09222	-0.08876	-0.08413	-0.07794	-0.07358	-0.08220
Verhältnis der Privatparkplätze zur Gesamtheit der Privatparkplätze und unlimitierten Strassenparkplätze (R=200m)	-0.77110	-0.75340	-0.72280	-0.70100	-0.66910	-0.70560
Anzahl Privatparkplätze im Umkreis von 500m	$3.07 \cdot 10^{-6}$	$4.01 \cdot 10^{-6}$	$5.04 \cdot 10^{-6}$	$5.57 \cdot 10^{-6}$	$6.61 \cdot 10^{-6}$	$4.59 \cdot 10^{-6}$
1 falls Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden	0.09635	0.09917	0.10140	0.10450	0.10490	0.09850
Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie innerhalb 1 km	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00013	0.00010
1-2-Personenhaushalte pro 100m ² Wohnfläche (R=300m)	-0.18710	-0.17940	-0.17480	-0.16730	-0.16090	-0.15980
Strassenparkplätze limitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	0.30140	0.30690	0.31940	0.33150	0.35230	0.33520
Strassenparkplätze unlimitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.59900	-0.59490	-0.58280	-0.57440	-0.55880	-0.57120
Privatparkplätze pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.05839	-0.05159	-0.04663	-0.04462	-0.04314	-0.05280
Kommerziell genutzte Fläche pro km ² (R=300m)	$6.32 \cdot 10^{-7}$	$6.42 \cdot 10^{-7}$	$6.52 \cdot 10^{-7}$	$6.63 \cdot 10^{-7}$	$6.82 \cdot 10^{-7}$	$6.59 \cdot 10^{-7}$
Für Detailhandel genutzte Fläche pro km ² (R=200m)	$1.81 \cdot 10^{-7}$	$1.94 \cdot 10^{-7}$	$2.09 \cdot 10^{-7}$	$2.24 \cdot 10^{-7}$	$2.37 \cdot 10^{-7}$	$2.01 \cdot 10^{-7}$
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen						
Oberflächenneigung	0.01886	0.01919	0.01966	0.02025	0.02073	0.01990
1 falls Garage	0.33790	0.34080	0.34470	0.34890	0.35440	0.35070
Inserat aus dem Jahr 2010	-0.24220	-0.23420	-0.22140	-0.21400	-0.20970	-0.23220
Inserat aus dem Jahr 2011	-0.21070	-0.20260	-0.18890	-0.18100	-0.17680	-0.20090
Inserat aus dem Jahr 2012	-0.26050	-0.25430	-0.24350	-0.23730	-0.23380	-0.25310
Inserat aus dem Jahr 2013	-0.21410	-0.20380	-0.19090	-0.18170	-0.17590	-0.20080
Inserat aus dem Jahr 2014	-0.23730	-0.22460	-0.21300	-0.20170	-0.19350	-0.22100

Das eigentliche Resultat des GWR bilden die räumlichen Verteilungen der Koeffizienten. Anhand dieser kann erkannt werden, ob sich die Elastizitäten an bestimmten Gebieten unterscheiden. Im Folgenden werden die räumlichen Verteilung einiger Koeffizienten auf der Karte dargestellt.

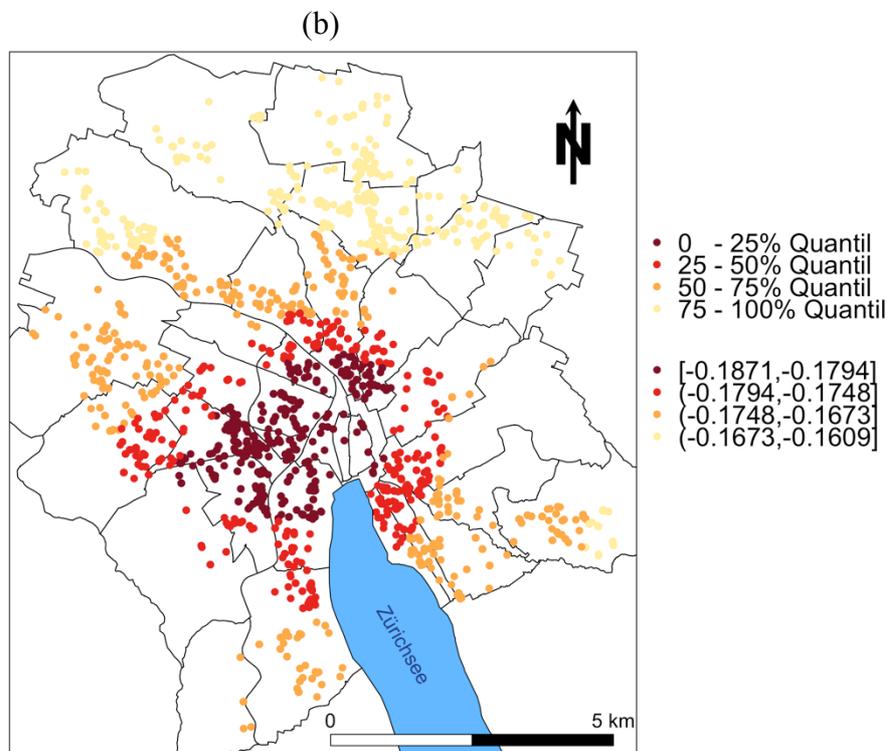
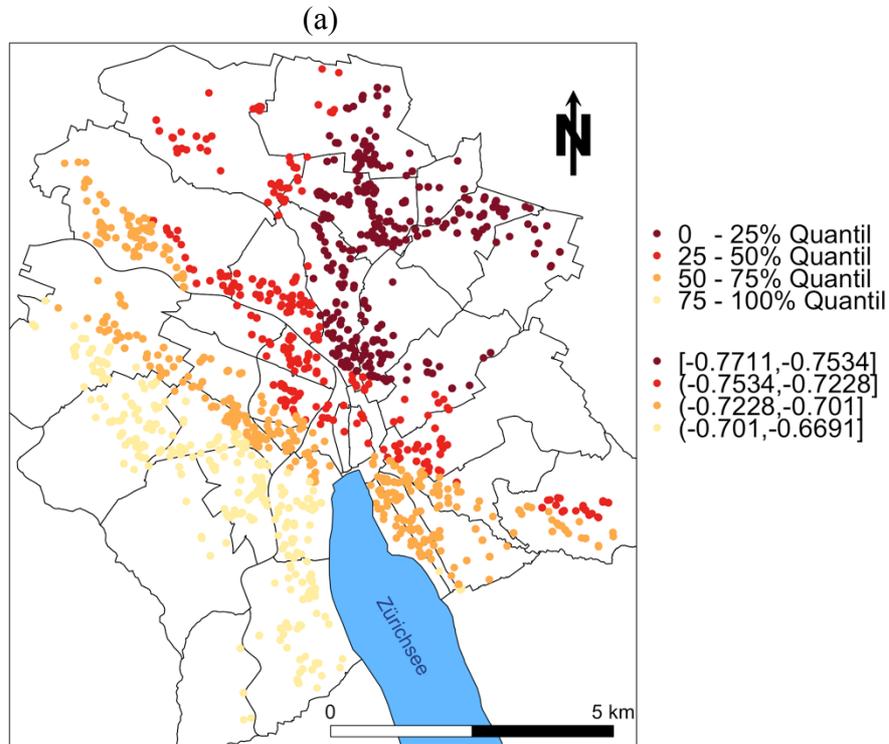
Abbildung 19 Räumliche Variation der Koeffizienten: PW-Besitz



Jeder Punkt entspricht hierbei mindestens einem Datenpunkt, also der Lage von Parkständen, welche zur Miete angeboten werden. Die Interpretation der Karten erfolgt im nächsten Kapitel.

In der folgenden Abbildung ist dasselbe dargestellt für die Variablen ‚Verhältnis der Privatparkplätze‘ und ‚1-2-Personenhaushalte‘. Da die Elastizitäten negatives Vorzeichen haben, wurden die inversen Farben für dieselben Quantile gewählt, damit diejenigen Datenpunkte mit den absolut höheren Elastizitäten dunkler dargestellt werden.

Abbildung 20 Räumliche Variation der Koeffizienten: a) Verhältnis der Privatparkplätze, b) 1-2-Personenhaushalte



7 Diskussion

7.1 Vergleich der Modelle

In der folgenden Tabelle sind die Bestimmtheitsmasse und die AIC Werte der verschiedenen Modelle zusammengefasst:

Tabelle 14 Vergleich der Modelle

Modell	Bestimmtheitsmass R^2	Pseudo-Bestimmtheitsmass R^2 (nach Nagelkerke)	AIC
OLS	0.4107		5940.6
SARerror		0.7103	2025.8
SARlag		0.7068	2093.4
SAC		0.7141	1953.8

Zwischen dem OLS und den anderen Modellen sind grosse Unterschiede festzustellen. Gemäss dem Bestimmtheitsmass können beim OLS 41 Prozent der Variation in der abhängigen Variable, also dem Mietpreis, durch das Modell erklärt werden. Bei den SAR Modellen liegt dieser Anteil bei über 70 Prozent, was zeigt, dass die räumliche Korrelation der Datenpunkte einen starken Einfluss auf die Güte des Modells haben. Des Weiteren sind die AIC Werte der SAR Modelle um den Faktor drei kleiner als beim OLS, was erneut zu Gunsten der SAR Modelle spricht. Unter den SAR Modellen hat das SAC Modell sowohl das grösste Bestimmtheitsmass als auch das kleinste AIC. Das GWR Modell kann nicht mit den SAR Modellen oder dem OLS direkt verglichen werden, da es die räumliche Variation der Elastizitäten aufgrund räumlicher Heterogenität modelliert und so das Resultat vieler zusammenhängender statistischer Verteilungsfunktionen ist. Das OLS Modell sowie die SAR Modelle werden jedoch auf Grundlage einer einzigen Verteilung generiert und treffen so die Annahme, dass die Datenpunkte räumlich homogen verteilt sind.

7.2 Schätzwerte des OLS Modells

Im Folgenden werden die Schätzwerte des OLS Modells, welche den Elastizitäten der Mietpreise bezüglich der erklärenden Variablen entsprechen, betrachtet. Es sind im Prinzip die Schätzwerte für die Koeffizienten der erklärenden Variablen gemässe Formel (1).

Positive Vorzeichen der Schätzwerte bedeuten jeweils, dass mit grösserem Wert der erklärenden Variable der Mietpreis ebenfalls steigt und umgekehrt. Wenn das Vorzeichen negativ ist, sinkt der Mietpreis mit grösserem Wert der erklärenden Variable.

Der Schätzwert des PW-Besitzes, welcher ein positives Vorzeichen hat, zeigt, dass bei einer Zunahme der Dichte um 100 Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten der Mietpreis sich um rund 2 Prozent erhöht. Dies scheint sinnvoll zu sein, denn mit steigender Anzahl an Personenwagen steigt auch die Nachfrage nach Parkplätzen, wodurch die Bereitschaft steigt, einen höheren Mietpreis für Parkstände zu bezahlen.

Sowohl die Variable ‚Anteil unlimitierter Strassenparkplätze‘ als auch die Variable ‚Verhältnis der Privatparkplätze‘ haben negative Koeffizienten. Steigt der Anteil von unlimitierten Strassenparkplätzen (ohne Parkdauerbeschränkung) an allen Strassenparkplätzen um 10 Prozent, so sinken die Mieten für Parkstände um fast ein Prozent. Bei einer Vergrösserung des Verhältnisses von Privatparkplätzen zu Privat- und unlimitierten Strassenparkplätzen um 10 Prozent sinkt der Mietpreis gar um 6.5 Prozent. Bei beiden Variablen ändert sich das Parkraumangebot. Mit grösserem Angebot an Parkplätzen nimmt automatisch die Bereitschaft ab, einen hohen Mietpreis zu bezahlen. Dieser sinkt infolge um den genannten Prozentsatz ab.

Das Vorhandensein eines Bahnhofs hat auch einen starken Einfluss auf den Mietpreis von Parkständen. So sind die Mietpreise jeweils um 8 Prozent höher, falls ein Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden ist.

Die Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie ist eine weitere Variable mit positivem Koeffizienten. Sind 100 Jobs mehr vorhanden im Umkreis von einem Kilometer, steigt der Mietpreis von Parkständen um rund 1 Prozent. Eine Erklärung dafür wäre, dass Hotel- und Gastronomiebetriebe oft an zentraler Lage liegen, wo viele Menschen verkehren, von denen einige mit dem Auto anreisen. Entsprechend steigt dann die Nachfrage nach Parkplätzen.

1-2-Personenhaushalte ist eine Variable mit einem negativen Koeffizienten. Existiert ein 1-2-Personenhaushalt mehr pro 100m² Wohnfläche, so sinkt der Preis um 12 Prozent. Daraus kann gefolgert werden, dass in kinderlosen Haushalten oder Haushalten mit alleinerziehenden Personen die Nachfrage nach Parkplätzen geringer ist. Es liegt nahe, dass eine grössere Familie mit mehreren Kindern eher ein Auto und damit einen Parkplatz benötigen als ein Einpersonenhaushalt. Zudem ist der Verzicht auf ein Auto und die Nutzung des Öffentlichen Verkehrs möglicherweise rentabler für eine einzelne Person als für eine mehrköpfige Familie.

Die Elastizität des Mietpreises bezüglich limitierten Strassenparkplätzen pro Nutzfläche ist positiv, d.h. je mehr Strassenparkplätze über beschränkte Parkdauern verfügen, desto höher sind

die Mietpreise im entsprechenden Gebiet. Die Parkdauerbeschränkung dürfte nicht der alleinige Grund sein für diese negative Elastizität, denn Parkplätze mit beschränkten Parkdauern sind meist auch gebührenpflichtig. So steigt die Nachfrage nach Privatparkplätzen, da einerseits keine Alternative besteht aufgrund der Parkdauerbeschränkung, und andererseits das Parkieren aufgrund der verlangten Gebühr ohnehin teurer zu stehen käme als die monatliche Miete für einen Privatparkplatz.

Eine höhere, aber negative Elastizität ist bezüglich der Dichte an unlimitierten Strassenparkplätzen zu beobachten. Ist ein Strassenparkplatz ohne Parkdauerbeschränkung mehr pro 100m² Nutzfläche vorhanden, so sinkt der Mietpreis gemäss Modell um 45 Prozent. Einen ähnlichen Einfluss auf den Preis hat die Dichte an Privatparkplätzen pro Nutzfläche. Hier beträgt die Steigerung des Preises 2.5 Prozent für einen zusätzlichen Parkplatz pro 100m² Nutzfläche. Der Vergleich der beiden Variablen zeigt, dass die Zunahme an Strassenparkplätzen viel stärker den Preis vermindert als die von Privatparkplätzen. Dies könnte die Folge des tiefen Preises von Parkberechtigungen sein, welche mit CHF 300.- pro Kalenderjahr ein Bruchteil von dem betragen, was Mieter von privaten Parkständen ihrem Vermieter jeweils zahlen. Deshalb ist es nachvollziehbar, dass eine steigende Anzahl an unlimitierten Strassenparkplätzen die Nachfrage nach Privatparkplätzen viel stärker vermindert als dies für zusätzliche Privatparkplätze der Fall ist, da Letztere nicht so preiswert sind.

Mit einer grösseren Oberflächenneigung steigt auch der Mietpreis. Hier kann die Oberflächenneigung als Näherung für den Land- bzw. Immobilienpreis verstanden werden. Denn Grundstücke an steileren Hängen haben unter anderem eine schönere Aussicht, weshalb deren Preise und damit verbunden auch die Mietpreise von Parkständen steigen. Die Art des Parkstandes hat schliesslich auch einen Einfluss auf den Mietpreis. Ein Parkplatz in einer geschlossenen Garage hat auf Antrieb einen 33 Prozent höheren Mietpreis zu verzeichnen.

Aus den Informationen für das Datum der Inserate ist ersichtlich, dass die Mietpreise im Vergleich zu 2009 sichtlich gesunken sind. Im Jahr 2012 sind die Mietpreise um 28 Prozent tiefer als im Basisjahr 2009. Grund für die höheren Mietpreise im Jahr 2009 könnte die globale Finanzkrise ab 2007 sein, welche aber erst im Jahre 2009 die Schweizer Börse erstmals sichtbar traf (siehe Anhang A 3, Abbildung 24). Im folgenden Jahr hat sich die Wirtschaftslage dann anscheinend wieder beruhigt, bis ab 2010 die Eurokrise folgte. Diese könnte der Grund sein, weshalb im Jahre 2011 die zweithöchsten Preise zu verzeichnen sind (siehe Wikipedia.org: Finanzkrise ab 2007; Eurokrise)

Die Elastizitäten der Kreisnummern zeigen, dass die Mietpreise im Modell in allen Kreisen tiefer liegen als im Kreis 1, welche die Basisvariable bildet. Kreis 1 ist die Innenstadt der Stadt

Zürich, weshalb die höheren Mietpreise auch nicht verwundern. Kreis 8, welcher am Seeufer liegt, verzeichnet die zweithöchsten Mietpreise. Dies und die oben besprochenen Elastizitäten zeigen, dass das Modell sinnvolle Ergebnisse liefert.

7.3 Schätzwerte der SAR Modelle

In der folgenden Tabelle sind die Schätzwerte für Lambda und Rho der verschiedenen SAR-Modelle zusammengestellt:

Tabelle 15 Vergleich der SAR Modelle

Modell	Lambda λ	Rho ρ
SARerror	0.7538	-
SARlag	-	0.7348
SAC	0.5473	0.4183

Der räumlich autoregressive Koeffizient des SARerror Modells λ weist mit 0.75 einen sehr hohen Wert auf. Auch ρ , ein Parameter des SARlag Modells für die Autokorrelation zwischen den erklärten Variablen ist mit 0.73 sehr hoch. Beide Koeffizienten, welche höchst Signifikant sind (siehe Anhang A 1, Tabelle 16 und Tabelle 17) deuten darauf hin, dass sowohl zwischen den erklärten Variablen, als auch zwischen den Fehlertermen eine starke räumliche Autokorrelation existiert. Auch die Parameter des SAC Modells weisen mit 0.54 für λ bzw. 0.42 für ρ relativ hohe Werte auf. Beide Parameter sind zudem höchst signifikant (siehe Anhang A 1, Tabelle 18).

Beim Vergleich der Schätzwerte für die Koeffizienten der erklärenden Variablen ist zu erkennen, dass die Elastizitäten des SARerror Modells weniger von den Elastizitäten des OLS Modells abweichen als das SARlag Modell. Bei den Anteilen an Strassen- und Privatparkplätzen sind die Elastizitäten des SARerror Modells jeweils um 20 bzw. 30 Prozent höher. Bei der Variable Bahnhof ist die Elastizität sogar mehr als doppelt so hoch. Ansonsten jedoch ähneln sich die beiden Modelle sehr stark, was in bestimmter Weise für das SARerror Modell spricht. Zudem sind mehr Schätzwerte im SARerror Modell signifikant im Vergleich zum SARlag Modell.

Die meisten Koeffizienten des SARlag Modells unterscheiden sich von den OLS Schätzwerten um Faktoren. Schon die Konstante, welcher bei der simplen Regression dem Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der Y-Achse entspricht, ist beim SARlag Modell um den Faktor 3

kleiner, was somit den Verlauf der ganzen, in diesem Fall mehrdimensionalen Regressionsebene, schon zu Beginn ändert. Zudem sind im SARlag Modell die Schätzungen zum PW-Besitz oder zu den 1-2-Personenhaushalten insignifikant.

Das SAC Modell weist ähnlich zum SARerror Modell kleine Unterschiede zum OLS Modell auf, aber bei der Konstante weicht dieses Modell relativ stark vom OLS ab. Zudem sind nur wenige nicht signifikante Resultate zu erkennen. Dass die Werte des SAC Modells zwischen den SARlag und dem SARerror Modell liegen, ist nicht verwunderlich. Schliesslich ist das SAC Modell eine Kombination der beiden Modelle. Dass mit diesem Modell der kleinste AIC Wert resultiert, ist ein Argument, welches für das SAC Modell spricht.

7.4 Schätzwerte des GWR Modells

Das GWR Modell bietet die Möglichkeit, nicht nur die Elastizitäten einzelner Variablen zu berechnen, sondern auch deren räumliche Variationen. Als Beispiele wurden in Abbildung 19 und Abbildung 20 die räumlichen Variationen dreier Variablen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass entlang des Seeufers die Preiselastizität des Mietpreises bezüglich PW-Besitz jeweils am höchsten ist. Dies bedeutet, dass dort eine Zunahme an Personenwagen den Mietpreis mehr erhöht als eine identische Zunahme in beispielsweise Oerlikon oder Altstetten. Dies mag damit zusammenhängen, dass an den Seeufern liegende Quartiere teurer sind als andere in der Stadt Zürich, sodass eine Erhöhung des PW-Angebots die Nachfrage, also den Mietpreis, prozentual gesehen stärker erhöht.

Bei der Verteilung der Elastizitäten bezüglich dem Verhältnis der Privatparkplätze (Abbildung 20a) sind ebenfalls klare Muster zu erkennen. Die Interpretation gestaltet sich jedoch schwierig. In Oerlikon und Umgebung sind die Elastizitäten absolut gesehen am höchsten, in Richtung Süd-Westen nehmen sie ab. Die Elastizitäten sind negativ, will heissen, dass eine Erhöhung des Angebots an Privatparkplätzen den Mietpreis in Oerlikon stärker vermindert als im Süd-Westen, wo die Elastizitäten kleiner sind. Bessere Interpretationsmöglichkeiten liefert Abbildung 20b, welche die räumliche Variation für 1-2-Personenhaushalte zeigt. Hier ist klar zu erkennen, dass in Kreis 1 und Umgebung die Elastizitäten am höchsten sind und in Richtung Stadtgrenze abnehmen. Dies bedeutet, dass eine Zunahme an 1-2-Personenhaushalten in der Innenstadt eine prozentual gesehen stärkere Verminderung des Mietpreises verursacht als beispielsweise in Seebach oder Affoltern. Ein Grund könnte sein, dass in der Innenstadt eher weniger Platz existiert, wodurch neue Haushalte mit 1 oder 2 Personen eher auf ein Auto und somit auf einen Parkplatz verzichten. Damit sinkt auch die Nachfrage schneller.

8 Ausblick: Die Frage der Entschädigung

Die wichtigste Aufgabe dieser Arbeit war es, die Mietpreise von Parkplätzen zu modellieren, um so eine Grundlage für die nachfrageorientierte Bewirtschaftung von Parkständen am Strassenrand zu schaffen. Angenommen es würden nun an allen Strassenparkplätzen nachfrageorientierte Gebühren durch die Stadt Zürich erhoben. Wie bei den Analysen zu sehen war, liegen die marktorientierten Mietpreise um einiges höher als die administrativen Gebühren für Parkbewilligungen. Anwohner, welche bis anhin zu günstigen Konditionen am Strassenrand parkieren konnten, wenn sie überhaupt freie Parkplätze fanden, wären nun mit höheren Kosten konfrontiert. Die Parkplatzsuchzeiten würden grösstenteils wegfallen, da die Nachfrage nach Parkplätzen am Strassenrand bis zum Erreichen des Marktgleichgewichts zurückgehen würde. Unter den steigenden Kosten für Anwohner würde die Attraktivität der Immobilien leiden. Es gibt also zweierlei Verlierer: Einerseits die Mieter welche nun zu höheren Kosten ihr Auto parkieren können oder müssen und andererseits die Grundbesitzer, welche mit einer Wertverminderung ihrer Immobilien rechnen müssen. Eine Erhöhung der Mietpreise von Parkständen auf Privatgrundstücken ist ebenfalls vorstellbar, da sich ein neues Marktgleichgewicht einstellen würde. Wer bezahlt nun aber diese Mehrkosten? Da eine solche Massnahme einen Grossteil der Bevölkerung betreffen würde, wäre es seitens der Stadt nicht sehr vorbildlich, die Verlierer einfach ihrem Schicksal zu überlassen. Die Behörden wären bei einer solchen Vorgehensweise sicherlich mit Widerstand aus der Bevölkerung konfrontiert, welcher bei einer Abstimmung das rasche Ende der Massnahmen bedeuten würde.

Die Idee von Shoup (2011), die Einnahmen aus der Parkraumbewirtschaftung sichtbar der Bevölkerung wieder zufließen zu lassen, erscheint plausibel. Er schlägt vor, betroffene Quartiere zu verschönern, lokal Steuern zu senken oder den Öffentlichen Verkehr oder den Langsamverkehr zu fördern (Shoup, 2011). Der Service Public in der Stadt Zürich hat aber keine derart sichtbaren Defizite zu verzeichnen wie in gewissen US-Amerikanischen Stadtvierteln, womit diese Idee auch in anderen Schweizer Städten geringe Zustimmung finden würde. Die Senkung der Steuern wäre ein Nullsummenspiel, so hätten die meisten Verlierer wieder die gleichen Mittel wie zuvor, um Parkplatzgebühren zu bezahlen. Der Vorschlag, den ÖV sowie den Fuss- und Veloverkehr zu unterstützen, scheint plausibel zu sein. Durch den vermehrten Umstieg vom Auto auf den ÖV oder das Velo könnten auch die Autofahrer profitieren, da einerseits der motorisierte Individualverkehr entlastet werden könnte und andererseits die Nachfrage nach Parkplätzen abnehmen würde. Der gegenteilige Vorschlag, mit den Mitteln aus der Bewirtschaftung der Parkstände das Strassennetz auszubauen und so die potenziellen Verlierer direkt zu unterstützen, würde keine Lösung bringen. Die Nachfrage am MIV würde durch ein verbessertes Angebot steigen, was wiederum den öffentlichen Verkehr

beeinträchtigen würde. Dies würde schliesslich viele dazu bringen auf den MIV umzusteigen. Ein Teufelskreis wäre also die Folge (Ortuzar und Willumsen, 2011, S.7).

Natürlich ist dieser Gedankenfluss nicht abschliessend und es ist klar, dass die Frage der Entschädigung keine simple ist. Deshalb wäre eine weiterführende Forschungsarbeit, welche diese Problematik aufgreift und jede Option gründlich untersucht, sehr wünschenswert. Interessant oder sogar zwingend wäre auch der Einbezug des kommunalen, kantonalen sowie nationalen Rechts in diese Fragestellung.

9 Schlusswort

Nach einer Einführung in die Literatur zur Parkraumbewirtschaftung bzw. Parkraumproblematik wurden die verschiedenen Regressionsmodelle für die hedonische Preismodellierung vorgestellt. Das Ziel war es primär, anhand der gegebenen Informationen zu Parkplatzmieten ein Modell zu generieren, welches unter Berücksichtigung verschiedenster Variablen die bestmögliche Annäherung an die realen Mietpreise gewährleistet. Es ist gleich mehrmals gelungen, anhand unterschiedlicher Modellansätze und mit signifikanten Ergebnissen diesem Ziel ein Stück näher zu kommen. Natürlich sind umfassendere Analysen notwendig, welche in dieser Arbeit unbeachtete Variablen und Eigenschaften der Stadt Zürich in das Modell integrieren, um das bestmögliche Resultat zu erhalten. Ein besseres Verständnis der Materie ist ebenfalls eine Voraussetzung, um das obengenannte Ziel zu erreichen und weiterführende Analysen tätigen zu können. Das wichtigste jedoch ist die Zeit, und diese war für diese Arbeit relativ beschränkt und stellte ein Hindernis für tiefergehende Analysen dar. Deshalb ist zu hoffen, dass weiterführende Analysen in breiteren Zeiträumen stattfinden werden.

10 Literaturverzeichnis

- Axhausen, K.W. (2006) *Rationale Parkstandsbereitstellung: Auch eine Besprechung von D. Shoups "The High Costs of Free Parking"*, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, <http://e-collection.library.ethz.ch>, zuletzt aufgerufen: 13.03.2016
- Bundesamt für Statistik (2016) *Strassenfahrzeuge – Bestand, Motorisierungsgrad*, <http://www.bfs.admin.ch>, zuletzt aufgerufen: 24.05.2016
- Du, H. und C. Mulley (2012) Understanding spatial variations in the impact of accessibility on land value using geographically weighted regression, *The Journal of Transport and Land Use*, 5 (2) S. 46-59, <https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/225>, zuletzt aufgerufen: 24.05.2016
- Griffel, A. (2014) *Raumplanungs- und Baurecht*, Dike Verlag, Zürich
- ITE (2010) *Parking Generation, 4th Edition*, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., <http://downtownridgewood.com/wp-content/uploads/2013/12/Parking-Generation.pdf>, zuletzt aufgerufen: 24.05.2016
- Kanton Zürich (2013) *Leben ohne Auto - im Kanton Zürich keine Seltenheit*, Mitteilungen, Statistisches Amt, http://www.statistik.zh.ch/internet/justiz_inneres/statistik/de/aktuell/mitteilungen/2013/1_eben_ohne_auto.html, zuletzt aufgerufen, 22.05.2016
- Kippe, S. (1984) *Parkraumplanung Zürich 1984*, Polizei- und Bauamt I, Zürich
- Löchl, M. und K.W. Axhausen (2010) Modelling hedonic residential rents for land use and transport simulation while considering spatial effects, *The Journal of Transport and Land Use*, 3 (2) S. 39-63, <https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/117>, zuletzt aufgerufen: 24.05.2016
- Millard-Ball, A., R.R. Weinberger und R.C. Hampshire (2014) Is the curb 80% full or 20% empty? Assessing the impacts of San Francisco's parking pricing experiment, *Transportation Research Part A*, 63, S. 76-92
- Ortuzar, J.D. und L.G. Willumsen (2011) *Modelling Transport*, John Wiley & Sons, Chichester
- Rapp, P.M. und S. Loewenguth (2011) Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung, *Forschungsauftrag SVI 2004/043 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)*, **1361**, Bundesamt für Strassen, Ittigen
- Sarlas, G. und K.W. Axhausen (2015) Localized speed prediction with the use of spatial simultaneous autoregressive models, *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*, Washington, D.C.
- Schneider, S., R. Bäumler und I. Seeholzer (2008) Bewirtschaftungssysteme für Parkieranlagen, *Forschungsauftrag VSS 2000/456 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)*, **1215**, Bundesamt für Strassen, Ittigen

- SFpark (2016) About the project, <http://sfpark.org/about-the-project/>, zuletzt aufgerufen: 24.05.2016
- SN 640 282 (2009) *Parkieren: Betrieb und Bewirtschaftung von Parkieranlagen*, Schweizer Norm, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), Zürich
- Shoup, D. (2011) *The High Cost of Free Parking, Updated by the Author*, American Planning Association, Chicago
- Stadt Zürich (2007) *Strassenparkierung, Datendokumentation*, Tiefbau- und Entsorgungsdepartement
- Stadt Zürich (2010) *Verordnung über private Fahrzeugabstellplätze (Parkplatzverordnung)*, <https://www.stadt-zuerich.ch>, zuletzt aufgerufen: 14.03.2016
- Stadt Zürich (2012) *Mobilität in Zahlen 2012/2*, Tiefbau- und Entsorgungsdepartement, https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/publikationen_u_broschueren/mobilitaet_in_zahlen_2012_2.html, zuletzt aufgerufen: 20.05.2016
- Stadt Zürich (2015) *Historischer Parkplatzkompromiss: Bilanz per Ende 2014*, Tiefbau- und Entsorgungsdepartement, <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/verkehr/parkierung.html>, zuletzt aufgerufen: 20.05.2016
- Stadt Zürich (2016a) *Parkierung*, Tiefbau- und Entsorgungsdepartement, <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/verkehr/parkierung.html>, zuletzt aufgerufen: 20.05.16
- Stadt Zürich (2016b) *Parkkarten & Bewilligungen*, Polizeidepartement https://www.stadt-zuerich.ch/pd/de/index/dav/parkkarten_bewilligungen.html, zuletzt aufgerufen: 20.05.2016
- Wooldrige, J. M. (2003) *Introductory Econometrics, A Modern Approach*, South-Western College, Cengage Learning

Anhänge

A 1 SAR Modelle

Tabelle 16 SARerror Modell

Abhängige Variable = log(Mietpreis)			
Variablenname	Schätzwert	z	Sig.
Konstante	5.92883	28.64	***
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie			
PW-Besitz: Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten	0.00019	1.69	.
Anteil unlimitierter Strassenparkplätze an allen Strassenparkplätzen (R=100m)	-0.12876	-3.03	**
Verhältnis der Privatparkplätze zur Gesamtheit der Privatparkplätze und unlimitierten Strassenparkplätze (R=200m)	-0.83345	-5.23	***
Anzahl Privatparkplätze im Umkreis von 500m	0.00003	1.68	.
1 falls Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden	0.18493	4.02	***
Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie innerhalb 1 km	0.00008	3.88	***
1-2-Personenhaushalte pro 100m ² Wohnfläche (R=300m)	-0.15496	-3.05	**
Strassenparkplätze limitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	0.38587	3.32	***
Strassenparkplätze unlimitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.46079	-4.01	***
Privatparkplätze pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.02422	-1.31	
Kommerziell genutzte Fläche pro km ² (R=300m)	4.21·10 ⁻⁷	2.82	**
Für Detailhandel genutzte Fläche pro km ² (R=200m)	1.96·10 ⁻⁷	1.14	
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen			
Oberflächenneigung	0.01243	2.79	**
1 falls Garage	0.25260	20.45	***
Inserat aus dem Jahr 2010	-0.19485	-4.34	***
Inserat aus dem Jahr 2011	-0.16169	-3.58	***
Inserat aus dem Jahr 2012	-0.19804	-4.37	***
Inserat aus dem Jahr 2013	-0.17203	-3.80	***
Inserat aus dem Jahr 2014	-0.13803	-2.97	**
Kreis 2	-0.19611	-1.38	
Kreis 3	-0.31636	-2.15	*
Kreis 4	-0.25777	-1.88	.
Kreis 5	-0.45588	-2.98	**
Kreis 6	-0.29232	-2.10	*
Kreis 7	-0.18208	-1.27	
Kreis 8	-0.09637	-0.67	
Kreis 9	-0.43519	-2.84	**
Kreis 10	-0.33893	-2.31	*
Kreis 11	-0.50686	-3.41	***
Kreis 12	-0.48338	-3.02	**
Lambda: 0.7538, z = 91.57, p < 2.2·10⁻¹⁶			
Bestimmtheitsmass R² = 0.7103 (nach Nagelkerke)			
AIC = 2025.8			
H ₀ = *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; . p < 0.1			

Tabelle 17 SARlag Modell

Abhängige Variable = log(Mietpreis)			
Variablenname	Schätzwert	z	Sig.
Konstante	1.66994	18.36	***
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie			
PW-Besitz: Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten	0.00005	1.43	.
Anteil unlimitierter Strassenparkplätze an allen Strassenparkplätzen (R=100m)	-0.03217	-1.90	.
Verhältnis der Privatparkplätze zur Gesamtheit der Privatparkplätze und unlimitierten Strassenparkplätze (R=200m)	-0.26470	-4.95	***
Anzahl Privatparkplätze im Umkreis von 500m	0.00001	1.62	.
1 falls Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden	0.04136	2.73	**
Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie innerhalb 1 km	0.00003	4.47	***
1-2-Personenhaushalte pro 100m ² Wohnfläche (R=300m)	-0.04340	-2.57	*
Strassenparkplätze limitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	0.13305	2.51	*
Strassenparkplätze unlimitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.18131	-4.38	***
Privatparkplätze pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	0.00049	0.06	.
Kommerziell genutzte Fläche pro km ² (R=300m)	1.01·10 ⁻⁷	2.13	*
Für Detailhandel genutzte Fläche pro km ² (R=200m)	3.94·10 ⁻⁸	0.72	.
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen			
Oberflächenneigung	0.00256	1.66	.
1 falls Garage	0.19626	19.34	***
Inserat aus dem Jahr 2010	-0.15773	-3.51	***
Inserat aus dem Jahr 2011	-0.13496	-3.01	**
Inserat aus dem Jahr 2012	-0.17346	-3.88	***
Inserat aus dem Jahr 2013	-0.13554	-3.04	**
Inserat aus dem Jahr 2014	-0.11820	-2.60	**
Kreis 2	-0.04350	-0.99	.
Kreis 3	-0.05916	-1.30	.
Kreis 4	-0.07038	-1.66	.
Kreis 5	-0.11225	-2.48	*
Kreis 6	-0.06041	-1.43	.
Kreis 7	-0.04634	-1.06	.
Kreis 8	0.00056	0.01	.
Kreis 9	-0.08773	-1.87	.
Kreis 10	-0.08563	-1.91	.
Kreis 11	-0.10998	-2.40	*
Kreis 12	-0.10806	-2.25	*
Rho: 0.7348 , z = 86.90, p < 2.2·10 ⁻¹⁶			
Bestimmtheitsmass R² = 0.7068 (nach Nagelkerke)			
AIC = 2093.4			
H ₀ = *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; . p < 0.1			

Tabelle 18 SAC Modell

Abhängige Variable = log(Mietpreis)			
Variablenname	Schätzwert	z	Sign.
Konstante	3.57537	14.06	***
Erklärende Variablen: Parkplätze, Nutzflächen, Demografie			
PW-Besitz: Anzahl Personenwagen pro 1000 Wohneinheiten	0.00013	1.36	.
Anteil unlimitierter Strassenparkplätze an allen Strassenparkplätzen (R=100m)	-0.07746	-2.91	**
Verhältnis der Privatparkplätze zur Gesamtheit der Privatparkplätze und unlimitierten Strassenparkplätze (R=200m)	-0.56480	-5.35	***
Anzahl Privatparkplätze im Umkreis von 500m	0.00002	1.78	.
1 falls Bahnhof im Umkreis von 300m vorhanden	0.10491	3.26	***
Anzahl Jobs in Hotel oder Gastronomie innerhalb 1 km	0.00005	4.32	***
1-2-Personenhaushalte pro 100m ² Wohnfläche (R=300m)	-0.09116	-2.83	**
Strassenparkplätze limitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	0.28035	3.16	***
Strassenparkplätze unlimitiert pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.33517	-4.28	***
Privatparkplätze pro 100m ² Nutzfläche (R=100m)	-0.00878	-2.58	
Kommerziell genutzte Fläche pro km ² (R=300m)	2.53·10 ⁻⁷	3.09	**
Für Detailhandel genutzte Fläche pro km ² (R=200m)	1.13·10 ⁻⁷	1.80	
Erklärende Variablen: Inserat / Parkplatz bezogen			
Oberflächenneigung	0.00733	2.89	**
1 falls Garage	0.25648	20.80	***
Inserat aus dem Jahr 2010	-0.20095	-6.83	***
Inserat aus dem Jahr 2011	-0.16950	-5.61	***
Inserat aus dem Jahr 2012	-0.20811	-7.07	***
Inserat aus dem Jahr 2013	-0.17689	-6.01	***
Inserat aus dem Jahr 2014	-0.14733	-4.75	**
Kreis 2	-0.13341	-2.29	
Kreis 3	-0.18565	-2.85	*
Kreis 4	-0.17028	-2.73	.
Kreis 5	-0.27732	-3.55	**
Kreis 6	-0.17824	-2.93	*
Kreis 7	-0.12673	-2.35	
Kreis 8	-0.05397	-1.06	
Kreis 9	-0.25446	-3.73	**
Kreis 10	-0.21539	-3.35	*
Kreis 11	-0.29378	-4.58	***
Kreis 12	-0.28408	-4.30	**
Rho: 0.4183, z = 10.27, p < 2.2·10⁻¹⁶			
Lambda: 0.5473, z = 15.75, p < 2.2·10⁻¹⁶			
Bestimmtheitsmass R² = 0.7141 (nach Nagelkerke)			
AIC = 1953.8			
H ₀ = *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; . p < 0.1			

A 2 Parkplatzarten: Beispiele

Abbildung 21 Nicht markierte (links) und markierte Strassenparkplätze (rechts) ohne Parkdauerbeschränkung



Quelle: Google Maps (2016) zuletzt aufgerufen: 29.05.2016

Abbildung 22 Strassenparkplätze ohne Parkdauerbeschränkung über Nacht



Quelle: Google Maps (2016) zuletzt aufgerufen: 29.05.2016

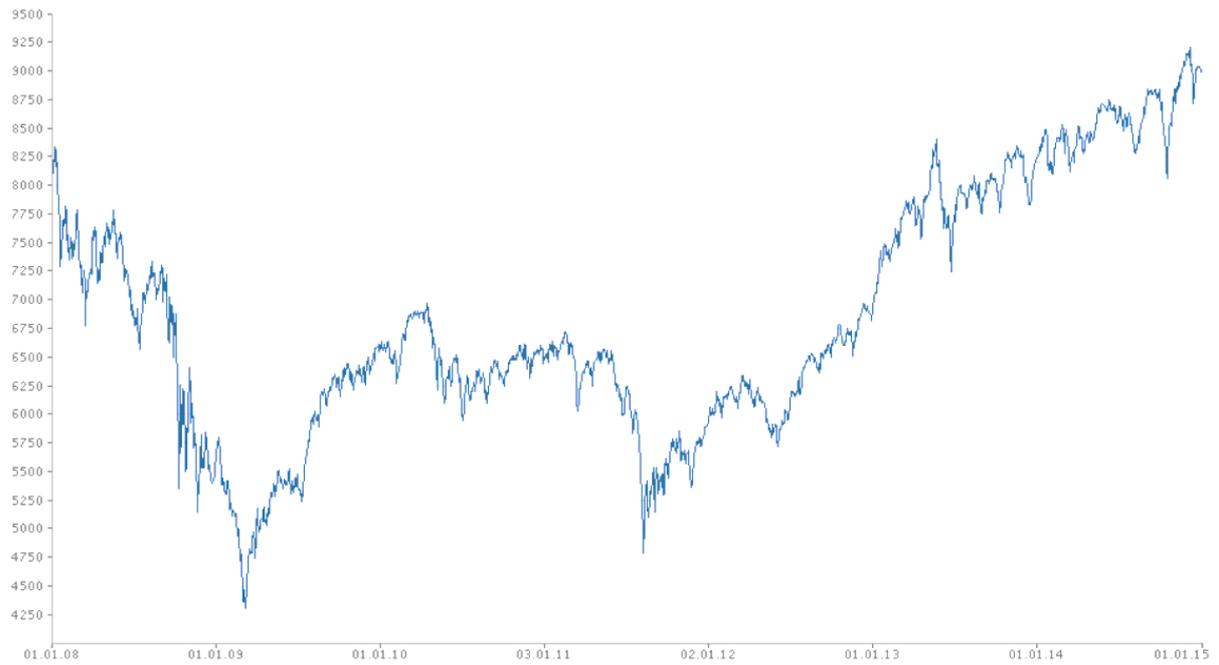
Abbildung 23 Strassenparkplätze ohne Parkuhren (hier mit maximaler Parkdauer von 15h)



Quelle: Google Maps (2016) zuletzt aufgerufen: 29.05.2016

A 3 SMI Index

Abbildung 24 SMI Index zwischen 2008 und 2015



Quelle: www.finanzen.ch, zuletzt aufgerufen: 01.06.2016
