

Landpreisentwicklung und Erreichbarkeit

Marius Hartmann

Leitung: Prof. Dr. Kay W. Axhausen

Betreuung: Dipl.-Ing. Architekt P. Schirmer

**Bachelorarbeit
Studiengang Bauingenieurwissenschaften**

Juli 2013

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei Professor Dr. Axhausen und Dipl.-Ing. Architekt Patrick Schirmer für ihre Unterstützung und Beratung bedanken. Sie konnten mir stets wichtige Hinweise, Anregungen und Tipps geben und führten mich so in die richtige Richtung.

Des Weiteren danke ich dem ganzen Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme für die Bereitstellung und Aufbereitung der benötigten Daten zur Berechnung der Erreichbarkeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Forschung	2
2.1	Befunde bisheriger Untersuchungen: Überblick	2
2.2	Erklärende Variablen – Modellerwartungen	3
2.2.1	Erreichbarkeit	3
2.2.2	Bevölkerungsdichte pro Siedlungsgebiet	7
2.2.3	Baudichte.....	7
2.2.4	Druck auf Wohnungs- und Bodenmarkt	7
2.2.5	Sonnenindex.....	8
2.2.6	Seesicht.....	9
2.2.7	Steuerfuss (ohne Kirchensteuer) in Prozent der einfachen Staatsteuer	9
2.2.8	Steuerkraft pro Kopf	9
2.2.9	Anteil Beschäftigte im 2. Sektor (Industrieller Sektor).....	10
2.2.10	Kultur- und Freizeitaufwand	10
2.2.11	Gemeindetypen	10
2.2.12	Zentrumsnähe	10
2.2.13	Anteil 65+ Jährige.....	11
2.3	Fazit	12
3	Eigene Studie zur Entwicklung des Bodenpreises und ihrer Einflüsse.....	13
3.1	Fragestellungen/Hypothesen.....	13
3.2	Methodik	14
3.2.1	Überblick über das verwendete Datenmaterial	14
3.2.2	Landpreis (AV).....	16
3.2.3	Erreichbarkeit	17
3.2.4	Analyse hedonischer Preismodelle	23
3.2.5	Hauptkomponentenanalyse.....	26
3.2.6	Statistiksoftware R.....	28

3.3	Ergebnisse	29
3.3.1	Fragestellung 1: Entwicklung des Landpreises	29
3.3.2	Fragestellung 2: Entwicklung der Erreichbarkeit	32
3.3.3	Hauptkomponentenanalyse	44
3.3.4	Fragestellung 3: Einflüsse auf den Bodenpreis	48
3.3.5	Modellanalyse	59
4	Diskussion	76
4.1	Entwicklung des Landpreises	76
4.2	Erreichbarkeit	77
4.3	Schätzmodelle	77
5	Forschungsausblick	79
6	Literatur	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Quellenangaben der verwendeten Daten	15
Tabelle 2	Übersicht der verwendeten Daten zur Berechnung der Erreichbarkeit	18
Tabelle 3	Landpreis [Fr./m ²] im Kanton Zürich	29
Tabelle 4	Zusammenstellung der Erreichbarkeit ÖV pro Gemeinde im Kanton Zürich	32
Tabelle 5	Reisezeiten ÖV der Gemeinde Mönchaltorf in Minuten	35
Tabelle 6	Zusammenstellung der Erreichbarkeit MIV im Kanton Zürich	38
Tabelle 7	Reisezeiten MIV der Gemeinde Mönchaltorf in Minuten	40
Tabelle 8	Hauptkomponentenanalyse: Anteil der Erklärten Varianz [%].....	46
Tabelle 9	Interpretation Hauptkomponente für ausgewählte Beobachtungen (2010)	47
Tabelle 10	Beschreibende Statistik zu den verwendeten Variablen	60
Tabelle 11	Modell 1: Landpreis ~ std. Erreichbarkeit ÖV	61
Tabelle 12	Modell 2: Landpreis ~ std. Erreichbarkeit MIV	64
Tabelle 13	Modell 3 - Ln(Landpreis) ~ std. Erreichbarkeit ÖV	67
Tabelle 14	Modell 4: Ln(Landpreis) ~ std. Erreichbarkeit MIV	68
Tabelle 15	Modell 5: Ln(Landpreis) ~ Hauptkomponenten.....	69
Tabelle 16	Modell 6: Zeitenreihenmodell; Landpreis ~ Hauptkomponenten	71
Tabelle 17	Modell 7: Zeitenreihenmodell; Ln(Landpreis) ~ Hauptkomponenten.....	72
Tabelle 18	Modell 8: Zeitenreihenmodell; Landpreis ~ Hauptkomponenten	73
Tabelle 19	Modell 9: Zeitreihenmodell; Ln(Landpreis) ~ Hauptkomponenten.....	1
Tabelle 20	Modell 10: Zeitenreihenmodell; Landpreis ~ HK.....	2

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Gewichtungsfunktion zur Berechnung der Erreichbarkeit.....	5
Abbildung 2	Betrachtungsgebiet zur Berechnung der Erreichbarkeit	20
Abbildung 3	Landpreis [Fr./m ²] im Kanton Zürich auf Preisniveau von 1995	30
Abbildung 4	Landpreisentwicklung in ausgewählten Gemeinden 1990 bis 2011 ..	31
Abbildung 5	Erreichbarkeit ÖV pro Gemeinde	34
Abbildung 6	Reisezeiten ÖV zur Gemeinde Mönchaltorf in Minuten	36
Abbildung 7	Erreichbarkeit MIV pro Gemeinde	39
Abbildung 8	Reisezeiten MIV zur Gemeinde Mönchaltorf	41
Abbildung 9	Boxplot der standardisierten Erreichbarkeiten ÖV.....	43
Abbildung 10	Boxplot der standardisierten Erreichbarkeiten MIV.....	44
Abbildung 11	Korrelationen nach Pearson der standardisierten Erreichbarkeiten ..	45
Abbildung 12	Richtungen der Hauptkomponenten.....	46
Abbildung 13	Übersicht über Bevölkerungsdichte – Landpreis/Erreichbarkeit MIV	49
Abbildung 14	Übersicht der Baudichte [m ³ /ha] – Landpreis/Erreichbarkeit MIV	50
Abbildung 15	Übersicht über Wanderungsbilanz – Landpreis.....	51
Abbildung 16	Übersicht über Wohnungsleerstandquote – Landpreis	52
Abbildung 17	Sonnenindex im Kanton Zürich - Landpreis.....	53
Abbildung 18	Seesicht im Kanton Zürich	54
Abbildung 19	Übersicht Steuerfuss Jahr 2010 im Kanton Zürich	55
Abbildung 20	Gemeindetypologie – Landpreis 2010.....	57
Abbildung 21	Übersicht der Verteilung 65+ Jährige	58
Abbildung 22	Residuen der prognostizierten Werte für das Jahr 2010.....	66

Abkürzungen

BfS	Bundesamt für Statistik
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
R.k.	Regressionskoeffizient
Std.	Standardisiert
Sig.	Signifikanz
n.s.	nicht signifikant (Signifikanzniveau $\alpha=0.05$)
df	Freiheitsgrad
HK	Hauptkomponente
ZKB	Zürcher Kantonalbank

Diplomarbeit Studiengang Bauingenieurwissenschaften

Landpreisentwicklung und Erreichbarkeit

Hartmann Marius
Untergütschstrasse 11
6003 Luzern

mariush@student.ethz.ch

Juli 2013

Kurzfassung

In dieser Arbeit soll anhand einer (multiplen) Regression der Einfluss verschiedener Faktoren auf den Landpreis im Kanton Zürich untersucht werden. Es wird ein Modell formuliert, welches den Bodenpreis auf Gemeindeebene schätzt, d.h. ein Modell, welches Parzellen an sich nicht unterscheiden kann sondern nur Gemeinden. Im Vordergrund dieser Untersuchung steht dabei insbesondere die zeitliche Entwicklung dieser Einflüsse. Auch der Einfluss der Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs und des motorisierten Individualverkehrs steht im speziellen Fokus dieser Studie. Die Ergebnisse zeigen, dass der Landpreis sich ausschliesslich in den Gemeinden, die in der näheren Umgebung des Zürichsees liegen, signifikant verändert hat. Die statistischen Auswertungen ergeben, dass hierfür Standortfaktoren wie tiefer Steuereffuss, gute Erreichbarkeit, Seesicht und Besonnung verantwortlich sind. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass die Erreichbarkeit des motorisierten Individualverkehrs den Bodenpreis stärker beeinflusst als die Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs.

Schlagworte

Erreichbarkeit, Landpreis, Landpreisentwicklung, Kanton Zürich, hedonische Schätzmethode

Zitierungsvorschlag

Hartmann M. (2013) Landpreisentwicklung und Erreichbarkeit, Bachelorarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT, ETH Zürich, Zürich

1 Einleitung

Boden ist kein homogenes, sondern ein heterogenes Gut, das durch verschiedene Faktoren geprägt wird, die dessen Preis bestimmen. Es ist zu erwarten, dass relativ zentral liegende und gut erreichbare Parzellen mit (dennoch) ruhiger Umgebung, mit Sicht auf Berge und See sowie langer Sonnenscheindauer tendenziell etwas teurer gehandelt werden. Auf Gemeindeebene dürfte zusätzlich ein tiefer Steuerfuss ein relevanter Standortfaktor sein, der Boden generell attraktiver macht (Zürcher Kantonalbank, 2008). Auch sollte der Druck im Wohnungs- bzw. Bodenmarkt den Landpreis signifikant beeinflussen.

Im Rahmen dieser Arbeit soll am Beispiel des Kantons Zürich untersucht werden, welche theoretisch hergeleiteten Variablen tatsächlich einen Einfluss auf den Bodenpreis haben, wie stark dieser Einfluss ist, und wie er sich über die Jahre verändert hat. Die Untersuchung erfolgt unter Rückgriff auf die Methodik der Regression(sanalyse), die auf Gemeindeebene durchgeführt wird, d.h. es wird ein Modell formuliert, welches Parzellen an sich nicht unterscheiden kann, sondern nur Gemeinden als Einheiten. Kleinräumige Einflüsse wie Lärmbelastung, Luftverschmutzung oder Distanz zu der nächsten Hauptstrasse können demnach auf Gemeindeebene nur bedingt berücksichtigt werden. Es soll also ein Modell entwickelt und überprüft werden, das grossräumige Unterschiede im Landpreis erklären kann.

In Kapitel 2 werden zunächst bereits getätigte Untersuchungen zur Thematik des Land- und Mietpreises erläutert. Des Weiteren werden auch die Modellerwartungen der Prädiktorvariablen erörtert. Die Erreichbarkeit wird dabei etwas ausführlicher behandelt, da sie im speziellen Fokus dieser Arbeit steht.

Anschliessend wird die Methodik der eigenen Studie vorgestellt (Kap.3). In diesem Kapitel werden die Datengrundlage, sowie die Werkzeuge, die zur Auswertung dieser Untersuchung nötig waren, dargelegt. Zudem werden die Resultate der Auswertungen vorgestellt und interpretiert.

Kapitel 4 enthält das Fazit der Studie und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen. Zudem werden Vorschläge für weitere Forschungsarbeiten geäussert.

2 Stand der Forschung

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht über jene Variablen, die gemäss Literatur einen Einfluss auf den Bodenpreis haben. Auch wird die theoretische Abhängigkeit dieser relevanten Variablen auf den Bodenmarkt diskutiert und Unterschiede dieser Arbeit und anderen Arbeiten kurz erläutert.

2.1 Befunde bisheriger Untersuchungen: Überblick

Bereits die Studie der Zürcher Kantonalbank (2008) hat ein hedonisches Schätzmodell entwickelt, welches den Landpreis für einzelne Parzellen schätzt. Die ZKB Studie untersuchte den Einfluss von Variablen auf den Landpreis auf der Ebene der Makro-, sowie Mikrolage. Auf Ebene der Mikrolage stellten sich, gemäss dieser Studie, Fluglärm, Distanz zur nächsten Hauptstrasse, Nähe zu Hochspannungsleitungen, Besonnung und Seesicht als relevant heraus. Auf der Ebene der Makrolage konnte ein Einfluss der Erreichbarkeit, Distanz zur nächsten S-Bahn, Steuerkraft und Steuerbelastung gefunden werden. Ausserdem beeinflusst die Art des Grundstückes, also Variablen wie totale Grösse, Form, erlaubte Baudichte und Art der Zone den Landpreis. Die Studie der Zürcher Kantonalbank konnte 60% der Unterschiede im Landpreis erklären, bei Einbezug der Parzellengrösse sogar 80%.

Die Studie konnte insbesondere eruieren, dass die Erreichbarkeit, Steuerkraft, Seesicht und Entfernung zur nächsten Hauptstrasse den stärksten Effekt auf den Bodenmarkt haben. Die Erreichbarkeit (vereinfacht als Reisezeit nach Zürich Hauptbahnhof) hat gemäss ZKB Studie einen wirtschaftlichen Charakter; sie vermutet, dass „Haushalte bereit sind, für zentrumnahes Wohnen zumindest so viel zu bezahlen, wie sie dank des geringeren Pendelaufwands Zeit und monetären Kosten einsparen“ (Zürcher Kantonalbank, S.42, 2008). Der Einfluss der Steuerkraft wird wie folgt begründet: „Gemeinden mit besserem Steuersubstrat bieten ihren Bewohnerinnen und Bewohner mehr oder qualitativ bessere Leistungen“ (Zürcher Kantonalbank, S.45, 2008).

Fuhrer (2012) konnte zudem einen Einfluss der Distanz zum nächsten Park bzw. See, Lärmbelastung durch Strasse und/oder Eisenbahn, sowie Sicht auf See und Berge finden. Fuhrer untersuchte jedoch nicht den Landpreis an sich, sondern den Einfluss auf den Mietpreis. Dessen ungeachtet sollten diese Variablen auch im Bodenmarkt einen signifikanten

Einfluss haben, schliesslich dürften der Boden- und Mietmarkt bis zu einem gewissen Grad miteinander gekoppelt sein.

2.2 Erklärende Variablen – Modellerwartungen

Die Zürcher Kantonalbank (2008) als auch Fuhrer (2012) haben Modelle geschätzt aufgrund Beobachtungen einzelner Parzellen bzw. Mietwohnungen. In dieser Untersuchung erfolgt eine Modellschätzung, welche auf Gemeindeebene erfolgt, d.h. es liegen keine Informationen über Ort, Art und Grösse von Parzellen vor. Daraus resultiert, dass nicht alle Variablen untersucht werden können, die gemäss der ZKB Studie oder Fuhrer (vgl. Kap. 2.1) einen signifikanten Einfluss auf den Landpreis haben. Beispielsweise können Nähe zur nächsten Hauptspannungseitung oder zur nächsten S-Bahn-Station auf Gemeindeebene nur bedingt berücksichtigt werden. Deshalb werden in folgendem Kapitel nur Variablen aufgegriffen, die auf Gemeindeebene als sinnvoll erachtet werden.

2.2.1 Erreichbarkeit

Die etwas einfache erfasste Erreichbarkeit der ZKB Studie, die nur die kürzere Reisezeit mit dem Auto oder mit dem öffentlichen Verkehr zum Hauptbahnhof Zürich abbildet, wird in folgendem Abschnitt etwas ausführlicher behandelt.

Definition

Erreichbarkeit bezeichnet die „(gewichtete) Anzahl aller Gelegenheiten zur Teilnahme am gesellschaftlichen (wirtschaftlichen) Leben, die in für den jeweiligen Zweck angemessener Zeit (generalisierten Kosten) erreicht werden können“ (Axhausen, S.68, 2004).

$$E_i = \sum_{j=1}^{j=n} (X_j * f(k_{ij})) \quad [1]$$

E_i Erreichbarkeit des Ortes i

i Ausgangsort i

j Zielort j

X_j Gelegenheit am Ort j

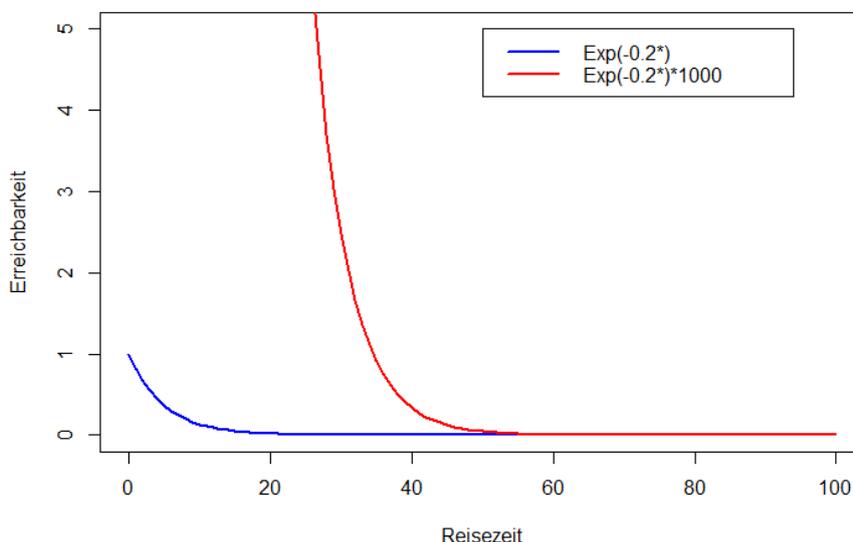
k_{ij} Generalisierte Kosten des Widerstands zwischen i und j

$f()$ Gewichtungsfunktion. Wobei $f(k_{ij}) = \text{Exp}(\beta * k_{ij})$, mit $\beta = -0.2$

Die „Generalisierten Kosten sind die risiko- und komfort-gewichtete Summe des entscheidungsrelevanten Zeitverbrauchs (...) und monetäre Kosten“ (Axhausen, S.19, 2010a). In der Regel werden die generalisierten Kosten den Reisezeiten gleichgesetzt. Die Reisezeit setzt sich beim ÖV aus der Summe der Fahr-, Umsteige- und Wartezeit zusammen. Beim MIV wird die Reisezeit mit Verkehrsbelastung berechnet (Fröhlich et al., 2005). Reisezeiten sind einfacher zu messen als generalisierte Kosten, da sie sich von Person zu Person nicht unterscheiden. Die generalisierten Kosten hingegen sind „persönliche“ Kosten und beinhalten neben monetären Kosten, wie Preis der Fahrt oder Parkgebühren, auch Opportunitätskosten, Bequemlichkeitskosten und viele weitere. Die generalisierten Kosten sind demnach schwierig zu messen und zu bewerten.

Gemäss der Definition von Axhausen (2004) kann als Gelegenheit eines Ortes jede Attraktivitätsgrösse verstanden werden, die Personen „anzieht“, wie beispielsweise Bevölkerungsanzahl, Freizeitangebote, Einkaufsmöglichkeiten oder Anzahl der Beschäftigten (Arbeitsplätze). Letzteres wurde in dieser Arbeit als Attraktivitätsgrösse eines Ortes verwendet. Die Erreichbarkeit macht demnach eine Aussage darüber, wie attraktiv eine Gemeinde in wirtschaftlicher Hinsicht ist. Je grösser die Erreichbarkeit einer Ortschaft, desto mehr Arbeitsplätze können in angemessener Zeit erreicht werden. In Abbildung 1 ist die verwendete Gewichtungsfunktion dargestellt. Man erkennt, dass mit steigender Reisezeit die Erreichbarkeit schnell abnimmt. Die Gewichtungsfunktion bildet das Verhalten des Menschen ab, der nicht bereit ist lange Reisezeiten auf sich zu nehmen, sondern versucht seine Kosten, und in diesem Fall seine Reisezeit, zu minimieren. Mit jeder zusätzlich benötigten Minute sind weniger Menschen bereit, einen bestimmten Ort anzufahren.

Abbildung 1 Gewichtungsfunktion zur Berechnung der Erreichbarkeit



Darstellung der verwendeten Gewichtungsfunktion für verschiedene Gelegenheiten X_j

Differenzen in den Reisezeiten

Bei gut ausgebautem Verkehrsnetz – wie es in der Schweiz der Fall ist – sind nur noch minimale Verbesserungen der Erreichbarkeit möglich, welche mit grossem finanziellem Aufwand verbunden sind. Nicht nur der Ausbau von Verkehrswegen hat einen Effekt auf die Erreichbarkeit, sondern auch technisch mögliche Erhöhungen von Fahrgeschwindigkeiten, Strassenverbreiterungen und -vermehrung (Keller und Steinmetz, 2003). Da jeweils die Reisezeiten des MIV mit Verkehrsbelastung errechnet werden, sollte auch eine Bevölkerungszunahme die Erreichbarkeit beeinflussen. Die Reisezeit sollte sich bei gleich bleibendem Verkehrsnetz auf Grund steigender Belastung im Verkehrsnetz erhöhen, gleichzeitig dürfte mit einer Bevölkerungszunahme auch die Attraktivitätsgrösse (Anzahl Beschäftigte) zunehmen. Beim öffentlichen Verkehr können Differenzen der Reisezeiten aus Änderungen der Fahr-, Warte- oder Umsteigezeiten resultieren. Ausbau des Netzes, Taktänderung oder Änderung der Geschwindigkeitslimiten können zur Reduktion der totalen Reisezeit führen. Differenzen in den Reisezeiten können auch Folge der zugrunde gelegten Berechnungsmodelle sein. Da in dieser Untersuchung die Berechnungsverfahren jedoch nicht zugänglich sind, entbehren sie einer genaueren Interpretation.

Bedeutung der Erreichbarkeit im Bodenmarkt - Modellerwartungen

Regionen mit hoher Erreichbarkeit sind nach „wirtschaftswissenschaftlicher Theorie produktiver, wettbewerbsfähiger und somit grundsätzlich erfolgreicher“ (IBC, S.5, 2003) als jene mit tiefer Erreichbarkeit. Auf wirtschaftlicher Ebene kann dies mit „tieferen Transport- und Zeitkosten“ erklärt werden (IBC, S.5, 2003). Auch aus der Sicht der Privatpersonen hat Erreichbarkeit einen monetären und zeitlichen Aspekt, Beispielweise konzentrieren sich in den Kreisen der Gemeinde Zürich im Jahr 2008 rund 44% aller Beschäftigten im Kanton Zürich und rund die Hälfte dieser Arbeitsplätze wird von Zugpendlern besetzt (Zürcher Kantonalbank, 2008). Für diese Pendler dürfte gute Erreichbarkeit ein zentraler Aspekt sein; bei zu grosser Reisezeit werden nur wenige Personen bereit sein, täglich zu pendeln, und stattdessen tendenziell versuchen, näher an den jeweiligen Arbeitsort zu ziehen. Erreichbarkeit ist demzufolge ein Mass für Standortattraktivität. Daraus lässt sich schliessen, dass mit höherer Erreichbarkeit auch Miet- und Landpreise höher sein sollten, da solche Standorte einerseits von Unternehmen und andererseits auch von Privatpersonen begehrt werden. Für ein gut erreichbares Grundstück sollten Käufer mindestens bereit sein, so viel zu bezahlen, wie sie dank hoher Erreichbarkeit Zeit und monetären Kosten einsparen können (Zürcher Kantonalbank, 2008). Gemäss Moser (2008a) ist das Auto immer noch das wichtigste Verkehrsmittel der Zürcher Bevölkerung. Dies impliziert, dass die Erreichbarkeit MIV sich stärker im Bodenpreis niederschlagen dürfte als die Erreichbarkeit ÖV. Steigende Erreichbarkeit dürfte auch die Zersiedlung fördern, d.h. der Trend, dass man sich weiträumig niederlässt mit eher tiefer Bebauungsdichte, anstelle in Kernzonen von Städten oder in der Agglomeration (Keller und Steinmetz, 2003). Dabei dürfte u.a. die Tatsache ausschlaggebend sein, dass Zentren schneller angefahren werden können und somit keine absolute Notwendigkeit mehr besteht, sich in solchen niederzulassen.

Wie aus der ZKB Studie hervorgeht, übt die Distanz nach Zürich den grössten Einfluss auf den Landpreis aus, wobei hier die kürzere Reisezeit MIV oder ÖV als unabhängige Variable verwendet wurde. Diese „Erreichbarkeit“ der ZKB Studie ist stark vereinfachend, denn es wird nur gerade die Reisezeit nach Zürich HB abgebildet; Anbindungen an andere Orte werden so komplett vernachlässigt. Die Stadt Zürich mag zwar der wichtigste Ort – wirtschaftlich wie auch kulturell - im Kanton Zürich sein; aber auch die Anbindung an andere grössere Städte wie Winterthur oder Rapperswil dürfte einen nicht zu vernachlässigbaren Einfluss auf das wirtschaftliche und gesellschaftliche Leben bzw. auf den Landpreis haben. Zudem ist klar, dass die Erreichbarkeit einen positiven Einfluss haben sollte, die Reisezeit hingegen einen negativen, da mit steigender Reisezeit die Attraktivität einer Ortschaft abnimmt.

Indikatoren wie Distanz bis zur nächsten Hauptstrasse oder Distanz zur nächsten S-Bahn-Station, die in der ZKB-Studie als wichtig angesehen werden, fliessen bis zu einem gewissen Grad in die Erreichbarkeit mit ein. Liegt eine S-Bahn-Station in einer Verkehrszone, so sollte auch die Reisezeit ab- und die Erreichbarkeit zunehmen. Die Erreichbarkeit ist aber nur eine planerische Grösse. Sie kann nicht direkt „gesehen“ werden, wie beispielsweise eine S-Bahn Haltestelle oder eine Autobahneinfahrt.

2.2.2 Bevölkerungsdichte pro Siedlungsgebiet

Die Bevölkerungsdichte des statistischen Amtes des Kantons Zürichs wird auf die totale Fläche einer Gemeinde bezogen, dies aber nur bedingt sinnvoll. So haben Gemeinden mit dicht besiedelter Siedlungszone, aber mit einer grossen unbesiedelten Fläche, eine relative geringe Bevölkerungsdichte. Vielmehr sollte die Bevölkerungsdichte auf das Siedlungsgebiet bezogen werden, um eine vergleichbare Grösse zu erhalten. Gerade bei Gemeinden mit hoher Bevölkerungsdichte könnte man vermuten, dass Land besonders knapp ist und gemäss dem Angebot-Nachfrage-Prinzip teuer gehandelt wird. Für Immobilienfirmen sollte solcher Boden besonders lukrativ sein, da Immobilien schnell und vermutlich auch teurer vermietet bzw. verkauft werden können.

2.2.3 Baudichte

Dass die Baudichte einen Einfluss auf den Bodenpreis hat, kam schon in der ZKB Studie zum Vorschein. Gebiete mit höher erlaubter Baudichte werden in der Regel teurer gehandelt als andere. Dies dürfte damit zusammenhängen, dass in solchen Gebieten eine höhere Ausnutzungsziffer, also mehr Wohnraum pro Fläche, erzielt werden kann. Die Wertgenerierung pro Fläche ist grösser, dementsprechend dürften Landkäufer gewillt sein, etwas mehr für diesen Boden zu bezahlen. Dieser Effekt kann jedoch nicht direkt auf die Seegemeinden übertragen werden, denn hier ist eine hohe Baudichte eher unerwünscht; man ist hier eher daran interessiert, ruhige und grossräumige Wohnlagen zu besiedeln (Zürcher Kantonalbank, 2008)

2.2.4 Druck auf Wohnungs- und Bodenmarkt

Wanderungsbilanz

Die Wanderbilanz wird pro 1000 Einwohner angegeben; ein positiver Wert deutet auf eine Zu-, ein negativer auf eine Abwanderung hin. Es findet nicht nur eine Wanderung innerhalb

der Schweiz statt, sondern vielmehr gibt es seit der Personenfreizügigkeit vermehrte auch eine Zuwanderung in die Schweiz, mehrheitlich aus dem EU Raum. Ausschlaggebend für die Zuwanderung aus dem Ausland ist in den meisten Fällen die gute wirtschaftliche Situation in der Schweiz, gefolgt von Faktoren wie Familiennachzug sowie Aus- und Weiterbildungstätigkeiten (Bucher, 2008).

Eine positive Wanderungsbilanz sollte demnach die Nachfrage nach Boden in die Höhe treiben. Da das Angebot im Allgemeinen nicht zunimmt - schliesslich wird kaum neues Bauland eingezont (Zürcher Kantonalbank, 2008) – sollte laut wirtschaftswissenschaftlicher Theorie das Marktgleichgewicht bzw. der Landpreis höher liegen. Da der Bodenmarkt eine Zuwanderung desselben Jahres nicht zu spüren bekommen dürfte, muss die Wanderungsbilanz jeweils mit einer Verzögerung berücksichtigt werden.

Wohnungsleerstandsquote

Der Druck auf den Wohnungs- bzw. Bodenmarkt kann neben der Wanderbilanz auch mittels der Wohnungsleerstandsquote beschrieben werden. Ein tiefer Wert ist ein Indikator dafür, dass der Druck im Wohnungsmarkt hoch ist und man eher bereit ist, mehr für Wohnraum zu bezahlen. Ein hoher Wert hingegen deutet darauf hin, dass eine Gemeinde nicht besonders begehrt ist. Hier erwartet man also eine negative Korrelation. Falls kaum Wohnungen frei sind, sind Wohnungssuchende eher bereit, etwas mehr zu bezahlen. Die Wohnungsleerstandsquote macht zwar nur indirekt eine Aussage über den Landpreis, dennoch dürften die beiden Grössen miteinander korreliert sein (Rey, 2011).

2.2.5 Sonnenindex

Die Zürcher Kantonalbank (2008) als auch Löchl (2007) konnten einen positiven Einfluss der Besonnung auf den Landpreis eruieren. Generell erwartet man, dass eine Parzelle umso teurer gehandelt wird, je mehr sie der Sonne ausgesetzt ist. Auf Gemeindeebene kann nur ein gemittelter Sonnenindex verwendet werden, d.h. Parzellen, die in Wirklichkeit eine sehr hohe Besonnung aufweisen, werden auf Gemeindeebene möglicherweise mit einem zu geringen Sonnenindex berücksichtigt.

2.2.6 Seesicht

Bei Wohnungsausschreibungen wird ein Vermieter vorhandene Seesicht kaum unerwähnt lassen. Anbieter von Wohnraum erwarteten also, dass Mieter bereit sind mehr für Wohnungen mit Seesicht zu bezahlen (Zürcher Kantonalbank, 2008). Dasselbe sollte auch für den Landpreis gelten. Man dürfte die Sicht in das Weite bzw. auf den See wertschätzen und sollte demnach bereit sein, etwas mehr für dieses Gut zu bezahlen. Des Weiteren – da Seesicht ein relatives knappes, nicht vermehrbares Gut ist – stellt Seesicht ein Prestigeobjekt dar (Zürcher Kantonalbank, 2008). Auch hier konnte die ZKB Studie einen Zusammenhang eruieren. In dieser Publikation wird festgestellt, dass insbesondere der Zuschlag auf den Landpreis bei den ersten Hektaren der sichtbaren Seeflächen am höchsten ist; anschliessend sinkt der Preiszuschlag eines zusätzlichen sichtbaren Hektars Sees. Daraus lässt sich schliessen, dass die Seesicht mit einer bestimmten Skalierung in die Regression eingebunden wurde, da der Zusammenhang nicht mehr linear ist (abnehmender Preiszuschlag). Ob dies auch für die Seesicht auf Gemeindeebene sinnvoll ist, wird im Kapitel 3.3.4 diskutiert.

2.2.7 Steuerfuss (ohne Kirchensteuer) in Prozent der einfachen Staatsteuer

Steuern werden auf Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene erhoben. Innerhalb eines Kantons kann nur der Steuerfuss auf Gemeindeebene einen Standortvorteil bewirken, da Steuern auf Bundes- und Kantonebene überall gleich sind. Diese Unterschiede führen zu Steuerwettbewerb zwischen den Kantonen, aber auch innerhalb eines Kantons auf Gemeindeebene (Finanzdepartement der Stadt Zürich, 2013). Ein geringer Steuerfuss dürfte finanzielle Anreize sowohl für Unternehmen als auch für Privatpersonen mit sich bringen. Laut der ZKB Studie ist der Steuerfuss schon im Landpreis kapitalisiert, d.h., man bezahlt eine Art von „Eintrittspreis“ in eine Gemeinde mit tieferem Steuerfuss in Form eines Aufpreises im Landpreis. Man erwartet also, dass mit steigendem Steuerfuss der Landpreis abnimmt, deshalb sollte der Regressionskoeffizient negativ ausfallen.

2.2.8 Steuerkraft pro Kopf

Die ZKB Studie hat zwar einen relativ grossen Einfluss der Steuerkraft auf den Bodenpreis gefunden, die Steuerkraft pro Kopf als erklärende Variable ist indes fraglich. Verursacht eine hohe Steuerkraft in einer Gemeinde einen höheren Landpreis, beispielsweise durch die Möglichkeit der Gemeinde, ihrer Bevölkerung gute Leistungen zu bieten, wie Krippen und Freizeitpärke oder ist wegen des hohen Landpreises die Steuerkraft hoch, da sich hier insbesondere gut vermögende Menschen ansiedeln können? Die Abhängigkeit ist nicht

offensichtlich. Die Zürcher Kantonalbank (2008) hat zudem festgehalten, dass die Steuerkraft relativ stark mit dem Steuerfuss korreliert. Dennoch wurde in dieser Studie die Steuerkraft als erklärende Variable betrachtet und es konnte ein spürbarer Einfluss auf den Landpreis gefunden werden.

2.2.9 Anteil Beschäftigte im 2. Sektor (Industrieller Sektor)

Der industrielle Sektor umfasst das produzierende Gewerbe einer Volkswirtschaft. Dazu zählen beispielsweise die Herstellung von Textilien, Bekleidungen, Holzwaren, Maschinen usw. (BfS, 2008). Diese Herstellungsprozesse sind im Allgemeinen mit negativen externen Effekten wie Lärm- und Luftemissionen verbunden. Demnach sollte die Nähe zu solchem Gewerbe kaum wünschenswert sein.

2.2.10 Kultur- und Freizeitaufwand

Ein gutes Kultur- sowie Freizeitangebot steigert die Attraktivität von Ortschaften. Die finanziellen Bemühungen einer Gemeinde, dieses Angebot zu erhalten oder sogar zu verbessern, sollten sich positiv im Landpreis manifestieren.

2.2.11 Gemeindetypen

Das Bundesamt für Statistik ordnet Gemeinden anhand von bestimmten Kriterien wie z. B. Arbeitsplätze, Mehrfamilienhausanteil, Reichtum, Tourismus, Bevölkerungsstruktur und Zentrumsfunktion. Für eine genauere Beschreibung wird auf die Publikationen des Bundesamtes für Statistik (BfS) verwiesen. Diese Einteilung der Gemeinden wird nach sehr strukturellen Eigenschaften vorgenommen, dürfte aber sehr wohl eine Aussage über den Landpreis erlauben.

2.2.12 Zentrumsnähe

Die Zentrumsnähe, also Anbindungen an wichtigen Institutionen für das tägliche Leben, hat sicherlich einen Einfluss auf den Landpreis. Auch in Wohnungsausschreibungen bleibt die zentrale Lage oftmals nicht unerwähnt und impliziert, dass zentrales Wohnen attraktiv ist. Gleiches dürfte für den Landpreis gelten. Es ist evident, dass die Erreichbarkeit bis zu einem gewissen Grad die (grossräumige) Zentrumsnähe beinhaltet. Die Nähe zum nächsten Arzt vermag die Erreichbarkeit aber nicht zu erklären, deshalb wird versucht andere Variablen zu finden, die diese Zentrumsnähe abbilden könnten.

Die Zentrumsnähe ist auf Gemeindeebene schwierig zu verifizieren. Mögliche Indikatoren könnten Anzahl Ärzte pro 1000 Einwohner, Anteil Beschäftigte im Unterhaltungs- und Erholungssektor, Anteil Beschäftigte im Erziehungs- und Unterrichtssektor, Anzahl Gymnasiasten pro 1000 Einwohner oder Anzahl Restaurant pro 1000 Einwohner sein.

Es stellt sich aber die Frage nach der theoretischen Abhängigkeit dieser Variablen mit dem Landpreis. Sucht man sich eine Parzelle aufgrund der Anzahl Restaurants oder aufgrund der Anzahl der Gymnasiasten in der Umgebung aus? Pauschal würde man vermutlich verneinen. Man sucht sich ein Grundstück vielmehr danach aus, ob es Schulen in der näheren Umgebung hat, die Variable Anzahl Gymnasiasten vermag dies aber nur bedingt zu erklären. Auf Gemeindeebene ist es tendenziell schwierig, die Zentrumsnähe durch Variablen zu beschreiben. Für die Anzahl Restaurant ist wohl auch kaum anzunehmen, dass die Attraktivität einer Gemeinde mit steigendem Wert zunimmt. Möglicherweise will man zwar an einem Ort leben, wo die Möglichkeit besteht, auszugehen. Dennoch dürfte mehr die Qualität als die Quantität ausschlaggebend sein, d.h., man gibt sich mit zwei bis drei (guten) Restaurant in der Nähe zufrieden.

Die oben beschriebenen Variablen, welche eine Aussage über die Zentrumsnähe machen könnten, werden nicht in die Regression eingebunden. Solche Variablen machen auf Gemeindeebene nur bedingt Sinn. Des Weiteren werden diese Variablen bis zu einem gewissen Grad durch die Erreichbarkeit abgedeckt. Zudem fehlt auch hier teilweise die theoretische Abhängigkeit.

2.2.13 Anteil 65+ Jährige

Gemeinden mit einem hohen Anteil an über 65 Jährigen dürften tendenziell etwas ruhiger, eher etwas ältere, schönere Häuser und eine tiefere Kriminalitätsrate haben. Landkäufer suchen sich aber wohl kaum ein Stück Land anhand der Altersstruktur einer Ortschaft aus; der theoretische Hintergrund der besprochenen Variable ist also eher fragwürdig. Da diese Variable in den Besprechungen jedoch aufgetaucht ist, werden die Resultate dieser Variable dennoch in Kapitel 3 kurz erläutert.

2.3 Fazit

Die in diesem Kapitel erläuterten Einflüsse werden nun für eine eigene statistische Untersuchung aufbereitet um so den Effekt der jeweiligen Variablen auf den Landpreis zu eruieren. Wie bereits angedeutet, können nicht alle Variablen, die in den genannten Studien als wichtig angesehen wurden, untersucht werden. Gerade kleinräumige Einflüsse wie Lärmbelastung oder Distanz zum nächsten Park können auf Gemeindeebene nur schlecht berücksichtigt werden. Es ist zu bezweifeln, dass auf Gemeindeebene ein Modell gefunden werden kann, das ähnlich viel Varianz des Quadratmeterpreises erklären kann, wie jenes der Zürcher Kantonalbank (2008), welches 80% der Unterschiede im Landpreis erklären kann.

3 Eigene Studie zur Entwicklung des Bodenpreises und ihrer Einflüsse

3.1 Fragestellungen/Hypothesen

In dieser Arbeit sollen insbesondere drei Fragestellungen beantwortet werden. Zum einen stellt sich die Frage, wie sich der Bodenpreis im Kanton Zürich entwickelt hat. Hat sich der Landpreis im Kanton Zürich in den letzten Jahrzehnten bedeutsam verändert? Wo im Kanton Zürich traten und treten diese Veränderungen im Bodenmarkt auf? Des Weiteren interessiert die zeitliche Entwicklung der Erreichbarkeit im Kanton Zürich. Ist der Kanton Zürich heute besser erreichbar als noch vor 15 Jahren? Zeigt die Entwicklung der Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs die gleiche Tendenz wie die Erreichbarkeit des motorisierten Individualverkehrs? Die dritte zentrale Fragestellung dieser Arbeit ist das Auffinden von Einflussfaktoren auf den Landpreis. Welche Faktoren haben einen signifikanten Einfluss im Bodenmarkt? Wie gross ist dieser Einfluss und wie hat sich der Einfluss über die Zeit verändert?

Dass der Bodenpreis an der Goldküste (rechte Seeseite) teurer ist als anderswo, ist allgemein bekannt. Wie viel teurer der Quadratmeter in dieser Region verglichen mit dem Bodenpreis im restlichen Kanton ist und wie stark der Landpreis hier zugelegt hat, darüber lässt sich nur mutmassen. Man wird nicht nur einen höheren Landpreis an der Goldküste, sondern allgemein rund um das Seebecken erwarten.

Die Erreichbarkeit dürfte im letzten Jahrzehnt eine Zunahme erfahren haben. Vergleicht man den geschichtlichen Abriss des Zürcher Verkehrsverbunds, so scheint, dass sich dieses Angebot im letzten Jahrzehnt ständig verbessert hat (ZVV, 2010). Auch die Gesamtlänge des Strassennetzes des Kantons Zürich hat seit 1995 tendenziell zugenommen. Gemäss BfS, beträgt im Jahr 2010 die Länge der Nationalstrassen im Kanton Zürich rund 29% mehr als noch im Jahr 1995; Kantons- und Gemeindestrassen zeigen hingegen kaum eine Veränderung. Laut BfS hingegen beträgt im Jahr 2011 der schweizweite Durchschnitt für einen Arbeitsweg 30 Minuten, im Jahr 2000 jedoch nur 23 Minuten (BfS, 2013). Dies impliziert, dass die Erreichbarkeit eine Abnahme erfahren hat, ob dies auch für den Kanton Zürich gilt, ist jedoch schwierig zu beurteilen.

Welche Variablen einen Einfluss auf den Bodenpreis haben, wurde bereits erläutert (vgl. Kap. 2.1). Auf Gemeindeebene dürften Erreichbarkeit, Seesicht, Sonnenindex, Baudichte und Druck auf den Wohnungs- bzw. Bodenmarkt einen positiven Einfluss auf den Landpreis ausüben, d.h. mit steigenden Werten dürfte Land teurer gehandelt werden. Steuerfuss sollte sich dem gegenüber negativ im Bodenpreis manifestieren, schliesslich sinken die finanziellen Anreize mit einem steigenden Wert.

3.2 Methodik

Das Kapitel 3.2 gibt einen Überblick über die Daten, die in dieser Arbeit Verwendung fanden. Des Weiteren werden die Annahmen erläutert, die bei der Ermittlung des Landpreises getroffen wurden. Auch wird das generelle Vorgehen bei der Berechnung der Erreichbarkeit darlegt. Schlussendlich werden die Werkzeuge der empirischen Forschung auf theoretischer Basis vorgestellt.

3.2.1 Überblick über das verwendete Datenmaterial

Tabelle 1 gibt einen Überblick der Quellen der verwendeten Variablen, zur Berechnung der Erreichbarkeit, der Prädiktorvariablen (UV) und der abhängigen Variable (AV) für die statistische Auswertung.

Tabelle 1 Quellenangaben der verwendeten Daten

Variable	Zeitreihe	Periodizität	Quelle
Baulandpreis (AV)	Ab 1990	jährlich	Statistisches Amt des Kanton Zürichs
Altersstruktur (UV)	Ab 1998	jährlich	Statistisches Amt des Kanton Zürichs
Einwohnerzahl	Ab 1962	jährlich	Statistisches Amt des Kanton Zürichs
Aufwand Kultur und Freizeit (UV)	Ab 1995	jährlich	Statistisches Amt des Kanton Zürichs
Steuerkraft pro Kopf (UV)	Ab 1990	jährlich	Statistisches Amt des Kanton Zürichs
Leerwohnungsquote (UV)	Ab 1974	jährlich	Statistisches Amt des Kanton Zürichs
Wanderungsbilanz (UV)	Ab 1990	jährlich	BfS, Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes
Steuerfuss (ohne Kirchen) (UV)	Ab 1990	jährlich	Statistisches Amt des Kanton Zürichs
Sonnenindex (UV)	-	-	Löchl (2007)
Seesicht (UV)	-	-	DHM25 © 2006 swisstopo (DV033492.)
Gemeindetypen (UV)	1990, 2000	-	BfS
Beschäftigungsstatistik	1995, 2001, 2005, 2008	alle drei Jahre	BfS, Eidgenössische Betriebszählung
Kreisstatistik (Beschäftigte)	2001, 2005, 2008	alle drei Jahre	BfS, Eidgenössische Betriebszählung
Index der Landeskonsumentenpreise	Ab 1915	monatlich	BfS

3.2.2 Landpreis (AV)

Datengrundlage

Die Landpreise für Wohn- und Mischzone stammen vom Statistischen Amt des Kantons Zürichs (Vgl. Tabelle 1). Die Landpreise enthalten keine Angaben über Grösse, Form oder Lage des verkauften Landes, um so die Anonymität der Käufer bzw. der Verkäufer zu gewährleisten. Der Landpreis aus den Statistiken entspricht den effektiv bezahlten Preisen, d.h. ohne Bereinigung der Inflation. Der Landpreis muss demnach um die Teuerung bereinigt werden, um die realen und somit vergleichbaren Landpreise zu erhalten. Da die Entwicklung ab dem Jahr 1995 von Interesse ist, wird das Jahr 1995 als Indexbasis zur Bereinigung der Teuerung gewählt. Für einige Gemeinden gab es in einzelnen Jahren keinen Landverkauf, d.h., dass kein Landpreis vorliegt. Um diese Gemeinden dennoch in die Regression einbeziehen zu können, wurde der Landpreis von den vorherigen bzw. folgenden Jahren oder jener der umliegenden Gemeinden verwendet. Falls nur ein Landpreis - entweder aus dem vorherigen oder aus dem folgenden Jahr - vorliegt, wurde dieser verwendet. Liegen keine Datensätze für mehrere Folgejahre vor, so wurde jeweils der Landpreis der Nachbargemeinden für jene Gemeinde gemittelt. Dabei wurden die Gemeinden Wasterkingen und Sternenbergr aus der Regression genommen, da für diese Gemeinden zu wenige Landpreise vorliegen und sie nicht vollständig von Zürcher Gemeinden umschlossen sind. Diese Mittelung der Landpreise entspricht zwar nicht den realen Landpreisen in diesen Gemeinden; da es sich aber um räumliche Daten handelt, die im Allgemeinen nicht abrupt von Gemeinde zu Gemeinde ändern, kann der Mittelwert als gute Basis für die Landpreise der entsprechenden Gemeinde verwendet werden (Fotheringham, 2009).

Folgende Prioritätsregeln wurden verwendet:

1. Falls das Vor- und Folgejahr Werte enthält, so wird der Mittelwert dieser beiden gebildet.
2. Falls kein Mittelwert gebildet werden kann, da entweder das Vor- oder das Folgejahr fehlt, so wird der Wert des Vor- oder des Folgejahres verwendet.
3. Oben genannte Regeln gelten auch, falls das Vor- und Folgejahr fehlen; dann werden jeweils die Werte mit einem Abstand von einem Jahr verwendet.
4. Falls es vor und nach dem betrachteten Jahr eine Datenlücke von maximal zwei Jahren hat, so wird der Durchschnitt der umliegenden Gemeinden verwendet.

Unterschiedliche Parzellen – unterschiedlicher Preis

Der Bodenpreis des Statistischen Amtes entspricht dem mittleren Quadratmeterpreis aller verkauften Parzellen in Wohn- und Mischzonen. In die Statistik fallen unbebaute Grundstücke und sogenannte Abbruchliegenschaften. Dabei handelt es sich um bebaute Parzellen, bei welchen das Hauptgebäude spätestens zwei Jahre nach der Transaktion abgerissen wurde. Der Preis für solche Abbruchliegenschaften ist allgemein etwas höher als bei unbebautem Land (50 bis 65%), obwohl man erwarten könnte, dass dieser tiefer ist wegen der zusätzlich noch anfallenden Abbruchkosten. Der höhere Landpreis solcher Abbruchliegenschaften ist vor allem auf die im Allgemeinen gute Lage solcher Parzellen zurückzuführen (Rey, 2011).

Der Landpreis des Statistischen Amtes des Kantons Zürich ist zudem nicht lage- oder qualitätsbereinigt. Dies bedeutet, dass, wenn in einem Jahre viele Grundstücke an besonders begehrteren Lagen teuer verkauft wurden, der mittlere Landpreis für dieses Jahr auch höher ist (Rey, 2011). Diese Tatsache dürfte mitunter für kleinere und grössere Schwankungen des Landpreises verantwortlich sein.

3.2.3 Erreichbarkeit

Datengrundlage

Vom Insitut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) wurden Reisezeiten für die Jahre 1995, 1998, 2003, 2007 und 2010 für den öffentlichen Verkehr (ÖV) sowie für den motorisierten Individualverkehr (MIV) bereitgestellt. Aus den Erläuterungen zu den Reisezeiten geht hervor, dass die Reisezeiten des ÖV auch Umsteige- und Wartezeiten beinhalten. Die Reisezeiten des MIV wurden mittels Verkehrsbelastung berechnet. Die genauen Berechnungsmethoden zu Ermittlung der Reisezeiten sind mir nicht bekannt und es ist auch nicht Gegenstand dieser Arbeit, diese Methodik zu rekonstruieren. Dennoch werden Unterschiede in den Reisezeiten dargestellt und beschrieben, mögliche Gründe für Differenzen genannt und Interpretationen geliefert. Der Vergleich zwischen den einzelnen Jahren soll mit Vorbehalt erfolgen, zumal nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, dass hier konsistente Berechnungsmodelle zwischen den einzelnen Jahren genutzt wurden.

Tabelle 2 vermittelt einen Überblick über die verwendete Datenbasis zur Berechnung der Erreichbarkeit im Kanton Zürich. Diese Zusammenstellung dient vorwiegend für eine allfällige Rekonstruktion der Berechnungen zur Erreichbarkeit.

Tabelle 2 Übersicht der verwendeten Daten zur Berechnung der Erreichbarkeit

Art und Jahr	Anzahl Beschäftigte im Betrachtungsgebiet ¹ (Kt. Zürich)	Anzahl Zonen (Kt. Zürich)	Genutzte Reisezeit Files	Genutzte Shape Files ⁱ
ÖV2010	1'210'758 (811'859)	1'301 (980)	Reisezeit_2010_OeV.JRT	Zones_zone
MIV2010	1'210'758 (811'859)	1'301 (980)	Reisezeit_2010_MIV.TTC	Zones_zone
ÖV2007	1'176'893 (790'206)	1'301 (980)	Reisezeit_2007_OeV.JRT	Zones_zone
MIV2007	1'176'893 (790'206)	1'301 (980)	Reisezeit_MIV_2007.TTC	Zones_zone
ÖV2003	1116143 (756'547)	878 (770)	OEVO3_Reisezeit_JRT_11Jan.txt	zonen_oevm
MIV2003	1'116'143 (756'547)	810 (700)	IV03DWV_ZeitAkt_ITA.txt	zonen_kvm_expanded
ÖV1998	1'090'662 (743'051)	810 (700)	OEV98MRZ_Reisezeit.txt	zonen_kvm_expanded
MIV1998	1090662 (743'051)	810 (700)	IV_DWV_1998_ITA.txt	zonen_kvm_expanded
ÖV1995	1'058'203 (719'909)	782 (671)	OEV95_MRZ_Reisezeit.txt	zonen_kvm_expanded

¹ Vergleiche hierzu Abbildung 2

ⁱ Gemäss help.arcgis.com ist ein Shape File ein „Format zum Speichern der geographischen Position und der Attributinformation von geographischen Objekten“

In den Daten der Verkehrsmodelle sind Zonen aufgetaucht, die keiner Gemeinde zugeordnet werden konnten. Von diesen nicht zuordbaren Zonen wurden die nächsten bekannten Zonen ermittelt. Es ergab sich, dass die nächsten Zonen alle Randzonen sind, die nicht im Kanton Zürich liegen, wohl aber im Betrachtungsgebiet zur Berechnung der Erreichbarkeit. Der Beitrag dieser Zonen zur Erreichbarkeit im Kanton Zürich sollte infolge der hohen Reisezeiten vernachlässigbar sein (vgl. Kap. 3.2.3); diese Zonen wurden demnach nicht berücksichtigt.

Anmerkungen zu MIV 1995

Der Aufbau der Reisezeit für MIV 1995 ist sehr unterschiedlich verglichen mit den anderen Jahren. Zum einen sind Binnenreisezeiten aufgeführt, die bis jetzt weder aufgelistet noch berücksichtigt wurden. Des Weiteren fällt auf, dass pro Zonen verschieden viele Einträge erfasst sind, so hat beispielsweise die „Zone 1“ 97, die „Zone 366“ hingegen schon 176 Einträge. In den Daten der anderen Jahre ist die Anzahl der Einträge des jeweiligen Jahres konstant geblieben und umfasst im Allgemeinen auch wesentlich mehr Zonen. Zudem sind die Reisezeiten insofern auffällig, da ungefähr jede fünfte Reisezeit lediglich eine Minute beträgt; bei MIV1998 liegt das Minimum hingegen bei zwei Minuten, und nur gerade 1.7% aller Reisezeiten betragen 10 Minuten oder weniger.

Aufgrund oben genannter Unterschiede wird die Erreichbarkeit MIV1995 nicht berechnet; zum einen ist der Aufbau der gegebenen Daten nicht konsistent mit den anderen Jahren, zum anderen lässt sich aufgrund fehlendem Shape File keine Verteilung der Beschäftigten vornehmen. Ferner erscheinen Reisezeiten von einer Minute unrealistisch und liefern daher keine valide Datenbasis.

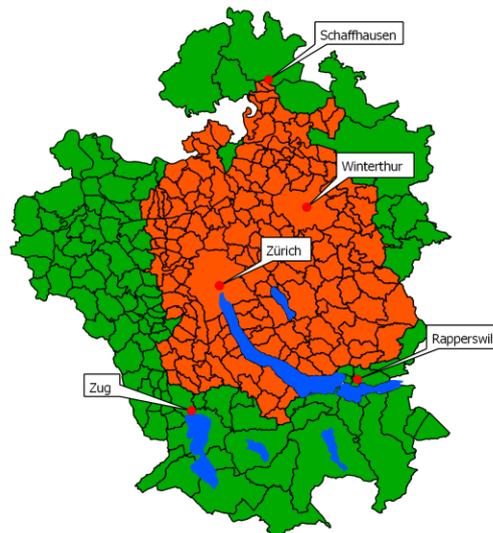
Räumliche Auflösung

Für die Berechnung der Erreichbarkeit des Kantons Zürich wurde ein Betrachtungsgebiet definiert, das über die Kantonsgrenzen hinausgeht (vgl. Abbildung 2). Innerhalb dieses Betrachtungsgebiets ist der Raum in Verkehrszonen gegliedert, die oftmals nicht mit den Gemeinden übereinstimmen. Generell werden grössere Gemeinden in mehrere Verkehrszonen eingeteilt, so ist etwa die Gemeinde Zürich im Verkehrsmodell von 2007/2010 in 347 Zonen untergliedert. Dies erlaubt eine genauere Auflösung der Erreichbarkeiten zu erhalten; würde man beispielsweise die Gemeinde Zürich nicht in verschiedene Zonen aufteilen, so hätte man für diese Gemeinde überall eine identische Erreichbarkeit, was bei grossen Gemeinden aber nur bedingt angemessen wäre. Zudem wird die Erreichbarkeit der umliegenden Zonen

dadurch etwas über- oder unterschätzt, da die Reisezeiten im Allgemeinen zwischen den Zonenschwerpunkten berechnet werden und je nachdem, wo sich dieser befindet, die Reisezeiten zu den angrenzenden Zonen höher oder tiefer sein können (Fröhlich, et al. 2005).

Die Zoneneinteilung für die Jahre 2007/2010 ist für das ÖV- und das MIV-Netz identisch, zudem ist die Zoneneinteilung generell viel feiner als für die restlichen Jahre. Für das Jahr 2003 ist die Zoneneinteilung ÖV praktisch identisch zu MIV, in Zürich ist die Zoneneinteilung für ÖV aber noch etwas differenzierter. Für die Jahre 1998 und 1995 ist diese für MIV bzw. ÖV wieder identisch, abgesehen vom Jahr 1995. Bei der Zoneneinteilung des ÖV 1995 scheint die Gemeinde Winterthur in viel weniger Zonen eingeteilt zu sein. Da hier kein Shape File vorliegt, kann man dies zwar nicht verifizieren, die Zonennummern aus den Reisezeiten sprechen gleichwohl für diese Annahme. Aufgrund des fehlenden Shape File, gibt es keine Möglichkeit, die Anzahl der Beschäftigten der Gemeinde Winterthur flächengewichtet zu verteilen, sondern nur gleichmässig für Zonen innerhalb von Winterthur.

Abbildung 2 Betrachtungsgebiet zur Berechnung der Erreichbarkeit



Totales Betrachtungsgebiet (grün), Kanton Zürich (orange), Gewässer (blau)
Ortsnamen dienen zur Orientierung

Randeffekte

Um Randeffekte in den Erreichbarkeiten im Kanton Zürich zu verringern, wurden auch Zonen ausserhalb des Kantons berücksichtigt. Dieser Randeffekt hätte insbesondere auf Zonen nahe der Kantonsgrenze einen grossen Einfluss, zumal die Reisezeit einen wesentlichen Einfluss auf die Erreichbarkeit hat gemäss Formel [1]. Jedoch können Randeffekte nicht vollständig eliminiert werden, denn auch weit entfernte Zonen leisten einen Beitrag – wenn auch einen verschwindend kleinen – zur Erreichbarkeit einer Zone. Gemäss Formel [1] fliesst bei einer Reisezeit von 20 Minuten 1.83% der Attraktivitätsgrösse in die Erreichbarkeit ein, bei 40 Minuten sind es gerade noch 0.034%. Der Beitrag zur Erreichbarkeit nimmt demzufolge rasant ab, was deutlich macht, dass eine Erweiterung des Betrachtungsgebiets nur minimale Änderungen der Erreichbarkeit bringen würde. Deshalb dürfte dieser Randeffekte vernachlässigbar sein. In den Berechnungen wurden deutsche Gebiete überdies nicht berücksichtigt, was insbesondere auf die nördlichen, direkt an Deutschland angrenzenden Gemeinden des Kantons Zürich die grössten Effekte haben dürfte. Bei einer Erweiterung des Betrachtungsgebietes würden besonders Zonen mit gutem Strassennetz (Nationalstrassen) bzw. mit gutem Eisenbahnnetz profitieren, da diese tendenziell schnell angefahren werden können. Erfolgt beim öffentlichen Verkehr jedoch ein Umsteige- bzw. Wartevorgang, so hat dies eine Erhöhung der Reisezeit zur Folge und somit einen noch kleineren Beitrag zur Erreichbarkeit.

Fehlerhafte Daten

In den gegebenen Reisezeitentauchen Werte von 99999 Minuten zwischen einigen Zonen im Kanton Zürich auf, d.h., dass es zwischen diesen Zonen keine Verkehrsverbindung gibt. Diese Reisezeit ist aber nur einseitig; in eine Richtung kann man diese Zone also erreichen, in die andere aber nicht. Dies ist nicht ganz plausibel und deshalb dürfte hier ein Fehler vorliegen; da die Reisezeiten zwischen diesen Gemeinden jedoch generell sehr hoch sind, hat diese Unstimmigkeit kaum einen Einfluss auf die Erreichbarkeitswerte.

Anzahl und Verteilung der Beschäftigten

Die Beschäftigungsstatistik stammt aus der Betriebszählung des Bundesamtes für Statistik (BfS) und wurde als Attraktivitätsgrösse zur Berechnung der Erreichbarkeit verwendet. In die Beschäftigungsstatistik fallen alle „Beschäftigte ab 6 Stunden pro Woche in den Betrieben des sekundären und tertiären Sektoren, in denen mindestens 20 Stunden pro Woche gearbeitet wird. Ausgeklammert sind die Angestellte von Privathaushalten sowie Selbständigerwerbende ohne eigenen Betrieb“ (Bundesamt für Statistik, S.5, 2012). Die Anzahl der Beschäftigten

wird gemäss BfS auch mit „besetzte Stellen“ gleichgesetzt. Die Betriebszählung des BfS findet dreimal pro Jahrzehnt statt, jeweils in den Jahren, die mit 1, 5 oder 8 enden.

Da die Betriebszählung 2011 noch nicht vorliegt, wurde die Anzahl Beschäftigte für die Erreichbarkeit 2010 dem Wert aus der Betriebszählung des Jahres 2008 gleichgesetzt. Für 2007 wurde linear zwischen 2005 und 2008 interpoliert. Für die Berechnung der Erreichbarkeit 2003 wurde das Mittel der Anzahl Beschäftigten der Jahre 2001 und 2005 verwendet. Für die Gemeinde Zürich erfolgt die Verteilung der Beschäftigten nicht auf Gemeindeebene sondern auf Kreisebene dank Kreisstatistiken. In diesen Kreisstatistiken finden sich Datenreihen für die Jahre 2001, 2005 und 2008. Um auch die Verteilung für 1995 und 1998 ähnlich zu gestalten, wurde jeweils der prozentuale Anteil der Beschäftigten pro Kreis für die vorhandenen Jahren ermittelt und danach der Wert für 1995 aus der Betriebszählung nach diesen gemittelten Anteilen verteilt.

Die Berechnung der Erreichbarkeit erfordert eine Verteilung der Beschäftigten; diese Verteilung konnte mithilfe der Shape Files durchgeführt werden. Um die Anzahl der Beschäftigten pro Verkehrszone und nicht pro Gemeinde zu erhalten, wurden die Arbeitsplätze der Gemeinden jeweils auf die entsprechenden Verkehrszonen flächengewichtet verteilt. Die Verteilung wird nicht mit der Realität vollständig übereinstimmen, schliesslich konzentrieren sich Arbeitsplätze generell in Kernzonen und sind nicht über die ganze Fläche gleichmässig verteilt. Man könnte das Problem umgehen, indem bei der Betriebszählung zusätzlich Informationen über die Lage aufgenommen wird, beispielsweise durch Angabe der Postleitzahl, und diese dann in die entsprechenden Zonen verteilt werden. Solange aber eine Gemeinde in genau eine Zone unterteilt ist, stimmt die Verteilung. Da die Erreichbarkeit auf Gemeindeebene von Interesse ist, sollte eine flächengewichtete Verteilung aber ausreichend genaue Resultate liefern. Um eine möglichst identische räumliche Verteilung der Beschäftigten für alle Jahre zu erhalten, wurde die Anzahl der Beschäftigten flächengewichtet unter Verwendung des Shape Files „Zones_zone“ des Verkehrsmodells 2007/2010 verteilt. Da bei diesem Shape File auch Angaben über die Zoneneinteilung des ÖV2003 gegeben werden, konnte die Verteilung leicht für dieses Shape File vorgenommen werden. Für die Verteilung des „zonen_kvm_expanded“ wurde auf „zonen_oevm“ zurückgegriffen. Die Verteilung ist ähnlich, jedoch wurden gewisse Zonen in der Gemeinde Zürich vom „zonen_oevm“ zu nur einer Zone zusammengefasst. Diese unterschiedliche Zoneneinteilung wurde manuell berücksichtigt, indem die veränderten Zonen in QGIS abgefragt und die Werte aufsummiert wurden. Zudem hat es sich gezeigt, dass im Shape File gewisse Gemeinden in mehrere Zonen unterteilt werden, diese Zonen aber nicht in den Reisezeiten vorkommen, wie z. B. die Gemeinde Bülach. Hier wurde jeweils die Zoneneinteilung, die aus den Reisezeiten

ersichtlich war, als Grundlage zur Berechnung der Erreichbarkeiten verwendet. Schliesslich musste die Erreichbarkeit, die nun pro Zone vorliegt, auf Gemeindeniveau gebracht werden. Hierzu wurde die mittlere Erreichbarkeit aller Zonen innerhalb einer Gemeinde berechnet.

3.2.4 Analyse hedonischer Preismodelle

Die hedonische Methode nimmt an, dass eine geringe Qualität eines Grundstückes bzw. einer Wohnlage durch einen tiefen Preis charakterisiert wird. Des Weiteren sind solche Preisabschläge systematisch, d.h. sie gelten für alle betrachteten Grundstücke in ähnlicher Weise (Zürcher Kantonalbank, 2008). Das Hedonische Preismodell auf Gemeindeebene, in Anlehnung an Zürcher Kantonalbank (2008) sieht wie folgt aus:

$$\begin{aligned} \text{Landpreis [Fr./m}^2\text{]} = & \text{Konstante} \\ & + \text{Preis pro Einheit Erreichbarkeit} * \text{Erreichbarkeit} \\ & + \text{Preis pro Einheit Steuerbelastung} * \text{Steuersatz} \\ & + \text{Preis pro Einheit Sonnenindex} * \text{Sonnenindex} \\ & + \text{Preis pro Hektare Seesicht} * \text{Seesicht} \\ & + \dots \\ & + \dots \\ & + \text{zufällige unsystematische Einflüsse} \end{aligned}$$

Die grünen Werte werden durch die multiple Regressionsanalyse ermittelt, bei den roten Werten handelt es sich um bekannte Beobachtungsdaten. Der Preis dieser grünen Attribute ist sozusagen im Landpreis eingebunden. Der Landpreis setzt sich aus verschiedenen Faktoren zusammen, die Unterschiede dieser Faktoren manifestieren sich im unterschiedlichen Landpreis (Zürcher Kantonalbank, 2008). Das hedonische Modell schätzt also den Landpreis aus der Summe der Preise ihrer Attribute.

Regressionsanalyse gemäss Backhaus et al.(2000)

Mithilfe einer (multiplen) Regressionanalyse soll der Einfluss von Prädiktorvariablen auf den Landpreis geprüft bzw. die Koeffizienten des hedonischen Preismodells ermittelt werden. Im folgenden Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen der Regressionsanalyse kurz erläutert. In Kapitel 3.3.4 werden dann die gefundenen Modelle vorgestellt.

Die (multiple) Regressionsanalyse wird eingesetzt, um die prädiktive Beziehung zwischen einer oder mehreren unabhängigen Variablen (UV) und einer abhängigen

Variable, in diesem Fall dem Landpreis, zu bestimmen. Die unabhängigen oder auch erklärenden Variablen sind bezogen auf unsere Thematik Faktoren wie Erreichbarkeit, Bevölkerungsdichte, Steuerfuss, Seesicht, Form und Grösse der Parzelle oder Zentrumsnähe. Für regressionstechnische Auswertungen ist es von Bedeutung, dass die erklärenden Variablen auf einer theoretischen Grundlage aufbauen. Werden Variablen unreflektiert in die Regressionsanalyse eingebunden, besteht die Gefahr, dass die statistische Auswertung fälschlicherweise (zufällige) Zusammenhänge aufweist und man dadurch zu invaliden Aussagen über den Einfluss von gewissen Prädiktoren auf die abhängige Variable gelangt. Dies kann zu unnützen Modellen führen, die einerseits eine hohe Modelgüte haben können, andererseits jedoch keine logischen Erkenntnisse über zu erklärende Zusammenhänge liefern.

Um einen Eindruck über die zu analysierenden Daten zu erhalten, wird zunächst der Landpreis jeweils gegen eine unabhängige Variable geplottet. Daraus lässt sich erkennen, ob die untersuchten Variablen (UV und AV) überhaupt signifikant miteinander korrelieren (vgl. Kap. 3.3.4). Nur wenn dem so ist und eine theoretische Abhängigkeit gegeben ist, sollte die entsprechende UV in die multiple Regressionsanalyse eingebunden werden. Dabei wird von einer linearen Regression ausgegangen, d.h., die abhängige und die unabhängige Variable treten stets in einem konstanten Verhältnis zueinander auf:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon_k \quad [2]$$

Wobei x_1, \dots, x_k die erklärenden Variablen sind, die Parameter β_1, \dots, β_k werden durch die Methode der kleinsten Quadrate ermittelt werden, d.h. es wird diejenige Gerade gesucht, die minimale Abweichung zwischen beobachtetem Wert und dem Schätzwert aufweist. ε_k stellt die Abweichung zwischen der tatsächlichen Beobachtung \hat{y}_k und dem Wert aus der Regressionsfunktion y_k dar; ε_k ist die nicht erklärbare Abweichung des Beobachtungswertes von dem entsprechenden Schätzwert. Residuen mit kleineren Werten – egal ob positiv oder negativ – deuten darauf hin, dass das Modell „genauer wird“. Dies kann beispielsweise darauf zurückgeführt werden, dass weitere unabhängige Variablen einbezogen wurden.

Die Konstante β_0 entspricht gerade dem Landpreis, wenn alle unabhängigen Variablen den Wert Null annehmen. Die Regressionskoeffizienten β_1, \dots, β_k hingegen reflektieren die Steigung der jeweiligen Variablen. Die Steigungen sind bei der multiplen Regression mit der Skalierung der jeweiligen Variablen verbunden, d.h. diese ändern sich, wenn eine Variable anders skaliert wird. Um die unabhängigen Variablen, die im Allgemeinen in unterschiedlichen Dimensionen vorkommen, vergleichen zu können, greift man auf die standardisierten Regressionskoeffizienten β_i^* zurück. Dabei liefern grössere standardisierte

Regressionskoeffizienten – egal ob positiv oder negativ - auch einen grösseren Erklärungsbeitrag in der Regressionsfunktion.

Prüfung der Regressionsfunktion gemäss Backhaus et al. (2000)

Die gefundene Regressionsfunktion muss auf ihre Güte überprüft werden, d.h. es ist zu untersuchen, wie gut sie als Modell die Realität beschreibt. Dazu wird die Regressionsfunktion einer globalen Prüfung unterzogen, danach werden die einzelnen Regressionskoeffizienten geprüft. Wird bei der Prüfung der Regressionskoeffizienten festgestellt, dass eine Variable keinen Anteil zur Erklärung leistet, so wird diese aus der Regression entfernt. Erweist sich das Modell bei der Prüfung der globalen Güte als unbrauchbar, so entfällt die Überprüfung der einzelnen Regressionskoeffizienten. Zur Beschreibung des globalen Gütemasses wird das Bestimmtheitsmass R^2 , die F-Statistik oder der Standardfehler verwendet. Zur Prüfung der einzelnen Regressionskoeffizienten wird der t-Wert herangezogen.

Das Bestimmtheitsmass R^2 macht eine Aussage darüber, wie viel von der gesamten Varianz durch die unabhängige Variable erklärt werden kann. Ein Wert von 1 bedeutet, dass die ganze Streuung durch die unabhängige Variable beschrieben werden kann. Der Wert des Bestimmtheitsmasses kann durch eine Zunahme von weiteren Variablen nur ansteigen, jedoch nicht abnehmen, selbst wenn irrelevante Variablen hinzugefügt werden. Deshalb wird bei Verwendung von mehr als einer Variablen das korrigierte Bestimmtheitsmass R^2_{Korr} verwendet.

Die F-Statistik gibt an, ob das geschätzte Modell auch über die Stichprobe hinaus für die Grundgesamtheit Gültigkeit besitzt. Besteht zwischen der abhängigen Variablen Y und den unabhängigen Variablen X ein Zusammenhang, so sind die Regressionskoeffizienten ungleich Null. Nun wird die Gegenhypothese formuliert: „Es besteht kein Zusammenhang“; also die Regressionskoeffizienten nehme den Wert Null an. Weicht der F-Wert nun stark von Null ab, wird die Nullhypothese verworfen und die Gegenhypothese, wonach ein Zusammenhang besteht, angenommen.

Wenn die globale Prüfung durch den F-Test ergeben hat, dass nicht alle Regressionskoeffizienten Null sind, müssen die einzelnen Regressionskoeffizienten überprüft werden. Hier wird wiederum die Nullhypothese, dass die einzelnen Regressionskoeffizienten Null sind, getestet. Bei der Gültigkeit der Nullhypothese ist ein t-Wert von Null zu erwarten; weicht der Wert dagegen stark von Null ab, so ist es unwahrscheinlich, dass die Nullhypothese richtig ist.

3.2.5 Hauptkomponentenanalyse

Zusammenhänge der Erreichbarkeit verschiedener Netze

Die Erreichbarkeiten MIV und ÖV dürften gewisse Ähnlichkeiten bzw. Korrelationen aufweisen. Der Grund hierfür liegt darin, dass erstens die gleiche Attraktivitätsgrösse in die Berechnung einfließt und zweitens sollten in der Regel Gemeinden, die mit dem ÖV gut erreichbar sind, auch mit dem MIV tendenziell gut erreichbar sein. Diese Annahme begründet sich darin, dass das Strassennetz auch ein wesentlicher Bestandteil des ÖV-Netzes ist, insbesondere für Bus und Tram. Da aufgrund dieser Ähnlichkeiten keine Einbindung beider Erreichbarkeiten in eine Regressionsanalyse zu empfehlen ist, wird eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Dadurch werden die beiden Erreichbarkeiten MIV und ÖV in zwei neue Komponenten überführt, die nun aber in unkorrelierter Form vorliegen.

Grundkonzept

Die Hauptkomponentenanalyse ist grundsätzlich nichts anderes als eine Transformation des Koordinatensystems. Die Konstruktion der neuen Koordinaten erfolgt so, dass die erste Hauptkomponente den grössten Teil der Varianz erklären kann (Böker, 2010). Konkret wird dies erreicht, indem die Eigenwerte und Eigenvektoren der Kovarianz oder Korrelationsmatrix zweier Variablen gebildet werden. Zwei Eigenvektoren stehen stets senkrecht aufeinander, d.h., dass nach der Transformation die Kovarianz bzw. die Korrelation Null ist.

Bei standardisierten Daten ist es egal, ob die Korrelations- oder die Kovarianzmatrix verwendet wird, schliesslich ist die Korrelation nichts anderes als die Kovarianz geteilt durch das Produkt der Standardabweichungen (vgl. Formel 3). Da die standardisierten Daten die Varianz bzw. die Standardabweichung 1 aufweisen, entspricht die Korrelation der Kovarianz (Bortz und Schuster, 2010). Es empfiehlt sich die Kovarianzmatrix zu verwenden, falls die Eingangsvariablen dieselbe Skala aufweisen. Ansonsten wird die Korrelationsmatrix verwendet (Backhaus et al., 2000). Anhand der Korrelationsmatrix werden nun die Eigenwerte und Eigenvektoren bestimmt. Die Eigenvektoren bilden die Richtungen der Hauptkomponenten, wobei die erste Hauptkomponente demjenigen Eigenvektor entspricht, welcher den grössten Eigenwert aufweist. Durch diesen Sachverhalt beschreibt die erste Hauptkomponente den grössten Anteil der Varianz der Daten, die zweite Hauptkomponente den zweitgrössten Anteil etc. Die Werte aus der Hauptkomponentenanalyse (in R mit Scores bezeichnet) erhält man, indem man die ursprünglichen Daten mit dem Eigenvektor der Korrelationsmatrix multipliziert (Matrixmultiplikation). Interessant ist dabei, dass eine

symmetrische Matrix, die in den Diagonalen Einsen enthält, immer genau die gleichen Eigenvektoren hat, d.h. die Richtung der Hauptkomponenten stets die gleiche ist.

Richtung der Hauptkomponenten von standardisierten Daten

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Richtung der Hauptkomponenten. Da sich in Kapitel 3.3.2 zeigen wird, dass es angebracht ist die Erreichbarkeiten zu standardisieren um so die Erreichbarkeit vergleichbar zu gestalten, wird im folgendem nur noch von den standardisierten Daten gesprochen.

Eine Standardisierung hat zur Folge, dass die Varianz, als auch die Standardabweichung, den Wert Eins und der Mittelwert den Wert Null annehmen. Die Kovarianzmatrix, welche zur Berechnung der Eigenwerte und Eigenvektoren herangezogen wird, ist demnach identisch wie die Korrelationsmatrix. Die Kovarianz- bzw. Korrelationsmatrix wird gemäss Backhaus Backhaus et al. (2000) wie folgt berechnet:

$$Cor(x, y) = \frac{Cov(x, y)}{\sqrt{\sigma_x} * \sqrt{\sigma_y}} = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sigma_x} * \sqrt{\sigma_y}} \quad [3]$$

Dabei hat eine Standardisierung zur Folge, dass $\bar{x} = \bar{y} = 0$ und $s_x = s_y = \sqrt{\sigma_x} = \sqrt{\sigma_y} = 1$. Somit vereinfacht sich die Korrelation bzw. Kovarianz zu

$$Cor(x, y) = Cov(x, y) = \sum_{i=1}^k x_i * y_i$$

Die Korrelations- bzw. Kovarianzmatrix ist demnach symmetrisch, und in den Diagonalelementen steht jeweils Eins, da eine Variable mit sich selber eine perfekte Korrelation aufweist. Nun erfolgt die Berechnung der Eigenwerte bzw. Eigenvektoren

$$Det \left(\begin{bmatrix} 1 - \lambda & Cor(x, y) \\ Cor(x, y) & 1 - \lambda \end{bmatrix} \right) = 0$$

Auflösen nach dem Eigenwerten gibt

$$\lambda = 1 \pm Cor(x, y)$$

Wir wählen den ersten Eigenwert $\lambda_1 = |\lambda_{max}| = 1 + Cor(x, y)$, der dazugehörige Eigenvektor ergibt sich somit

$$\begin{vmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = 0$$

Lösen des linearen Gleichungssystems ergibt $x_1 = x_2 \neq 0$, da der Nullvektor kein Eigenvektor sein kann (Artin, 1991). Wir normieren den Eigenvektor, so dass er die Länge Eins aufweist, somit erhalten wir (bei analogem Vorgehen für den zweiten Eigenvektor) für die Eigenvektoren:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Bei Verwendung von standardisierten Daten zeigen die Hauptkomponenten also immer in die gleiche Richtung, es findet demnach eine Rotation der Achsen um 45° statt. Die Hauptkomponenten schneiden den Nullpunkt der standardisierten Variablen, was gerade dem Schwerpunkt (Mittelwert) der beiden Daten entspricht. Der Grund, dass die Eigenvektoren immer genau in dieselbe Richtung zeigen – abgesehen von der mathematischen Begründung – dürfte sein, dass infolge Standardisierung die Varianz der Variablen identisch Eins sind. Die erste Hauptkomponente wird demnach gerade durch den Mittelwert und durch die Standardabweichung beider Variablen gelegt.

3.2.6 Statistiksoftware R

Alle statischen Analysen wurden mit der frei zugänglichen Software R durchgeführt. Diese Software bietet ein breites Spektrum an Funktionen zur Durchführungen von statistischen Auswertungen. Für die multiple Regression wurde mit dem Befehl `lm()` gearbeitet, die Hauptkomponentenanalyse wurde mit dem Befehl `prcomp()` durchgeführt. Auch die Box- und Scatterplots wurden mit R erstellt.

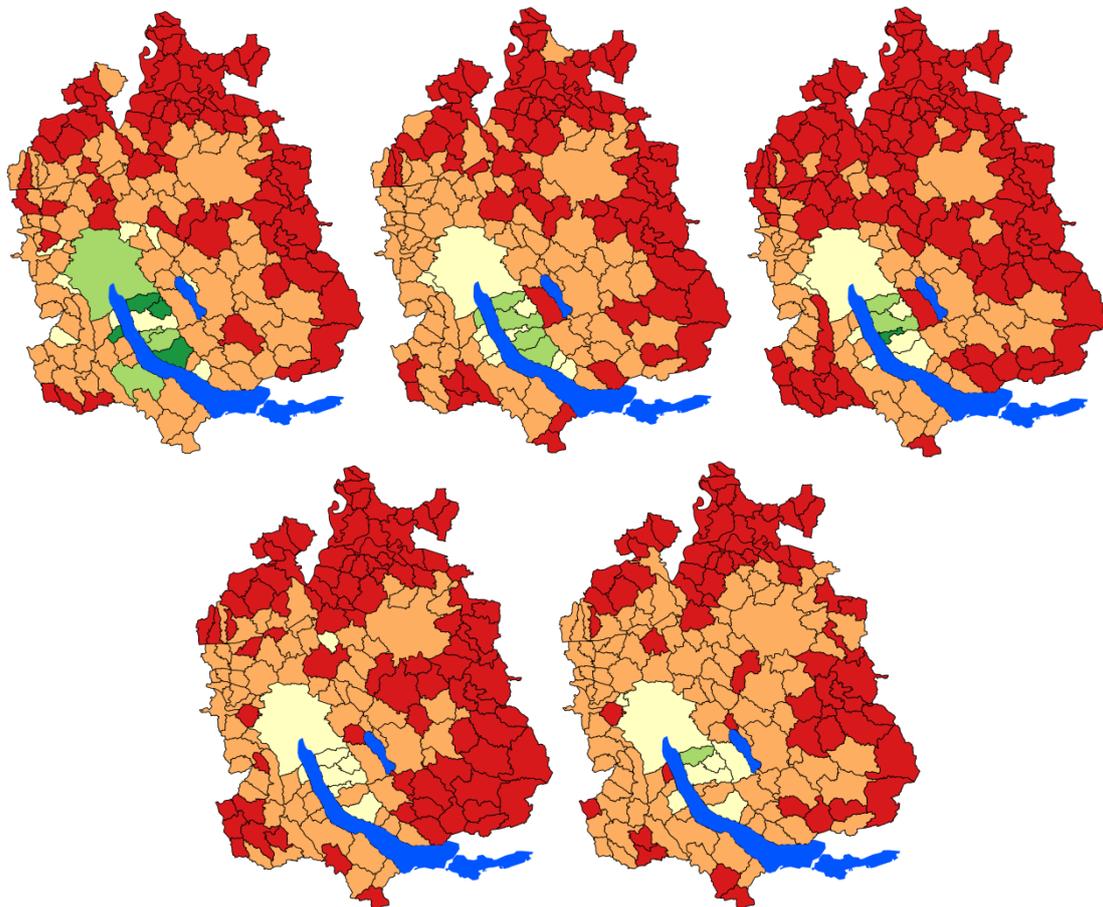
3.3 Ergebnisse

3.3.1 Fragestellung 1: Entwicklung des Landpreises

Im folgenden Tabellen und Abbildungen sind die Landpreise der benötigten Jahre für das hedonische Modell dargestellt. In Tabelle 3 und Abbildung 3 wurde der Landpreis um die Teuerung auf Indexniveau von 1995 bereinigt.

Tabelle 3 Landpreis [Fr./m²] im Kanton Zürich

Jahr	Minimum	Maximum	Durchschnitt	Median	Std. Abweichung
2010	94	3537	657	558	466
2007	175	1915	586	537	321
2003	124	2296	529	491	287
1998	160	1266	524	489	198
1995	190	1633	591	556	223

Abbildung 3 Landpreis [Fr./m²] im Kanton Zürich auf Preisniveau von 1995

Daten: Statistisches Amt des Kantons Zürich

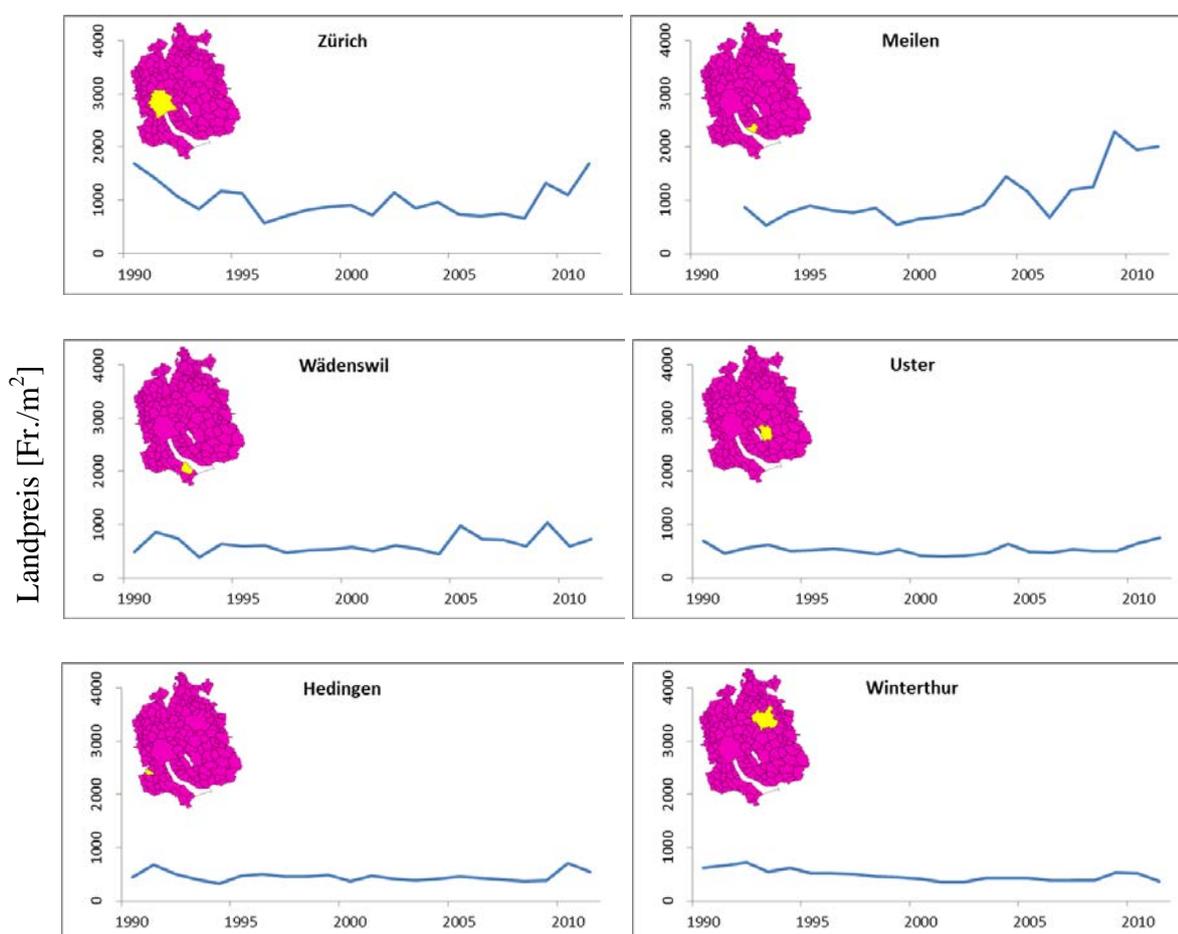
Von links nach rechts: Jahr 2010, 2007, 2003 (oben); 1998, 1995 (unten)

Legende auf Preisniveau 1995 [Fr./m²]



In Abbildung 4 sind die Landpreise aus einer Auswahl von Gemeinden dargestellt. Die Abbildung wurde in Anlehnung an Moser (2008b) erstellt. Die Auswahl der Gemeinden erfolgte nach dem Kriterium, dass zum einen Gemeinden, die sich gemäss Abbildung 3 relativ stark verändert haben, wie Zürich, Meilen und Wädenswil einbezogen werden sollten. Diesen gegenüber aber auch Gemeinden dargestellt werden sollten, die nur eine schwache Veränderung im Landpreis erfahren haben, wie Winterthur, Uster und Hedingen. Da hier die Landpreise ab dem Jahr 1990 abgebildet werden, wird die Teuerung auf dem Preisniveau von 1990 bereinigt. Die Landpreise unterscheiden sich demnach von jenen mit Indexniveau 1995 (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 4 Landpreisentwicklung in ausgewählten Gemeinden 1990 bis 2011



Daten: Statistisches Amt des Kantons Zürich
Landpreis auf Preisniveau 1990

Aus Abbildung 3 und Abbildung 4 sowie Tabelle 3 erkennt man, dass der Landpreis für Wohn- und Mischzone (Zentrums-, Kern und Gewerbezone) in den meisten Zürcher Gemeinden generell von Jahr zu Jahr nicht besonders stark schwankt, sondern mehr oder weniger einem konstanten Verlauf folgt. Ausnahmen bilden die Gemeinden rund um den Zürichsee und besonders die Gemeinden an der Goldküste (rechte Seeseite). Hier hat der Landpreis deutlich zugenommen und ist im Extremfall rund doppelt so hoch (2010) als noch im Jahre 1995. Abbildung 3 zeigt die räumliche Verteilung des Landpreises im Kanton Zürich. Es stellt sich die Frage, welche elementaren Vorteile diese Gemeinden gegenüber den anderen haben. Auf den ersten Blick scheint hier besondere der Faktor „Wasser“ ausschlaggebend für den hohen Landpreis zu sein. Des Weiteren dürften Standortvorteile wie Seesicht, hohe Erreichbarkeit, hoher Sonnenindex, eher geringer Steuerfuss das Land zusätzlich attraktiv und somit generell teuer machen.

3.3.2 Fragestellung 2: Entwicklung der Erreichbarkeit

Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs im Kt. Zürich

In folgender Tabelle sind die Resultate der Erreichbarkeiten des öffentlichen Verkehrs im Kanton Zürich dargestellt.

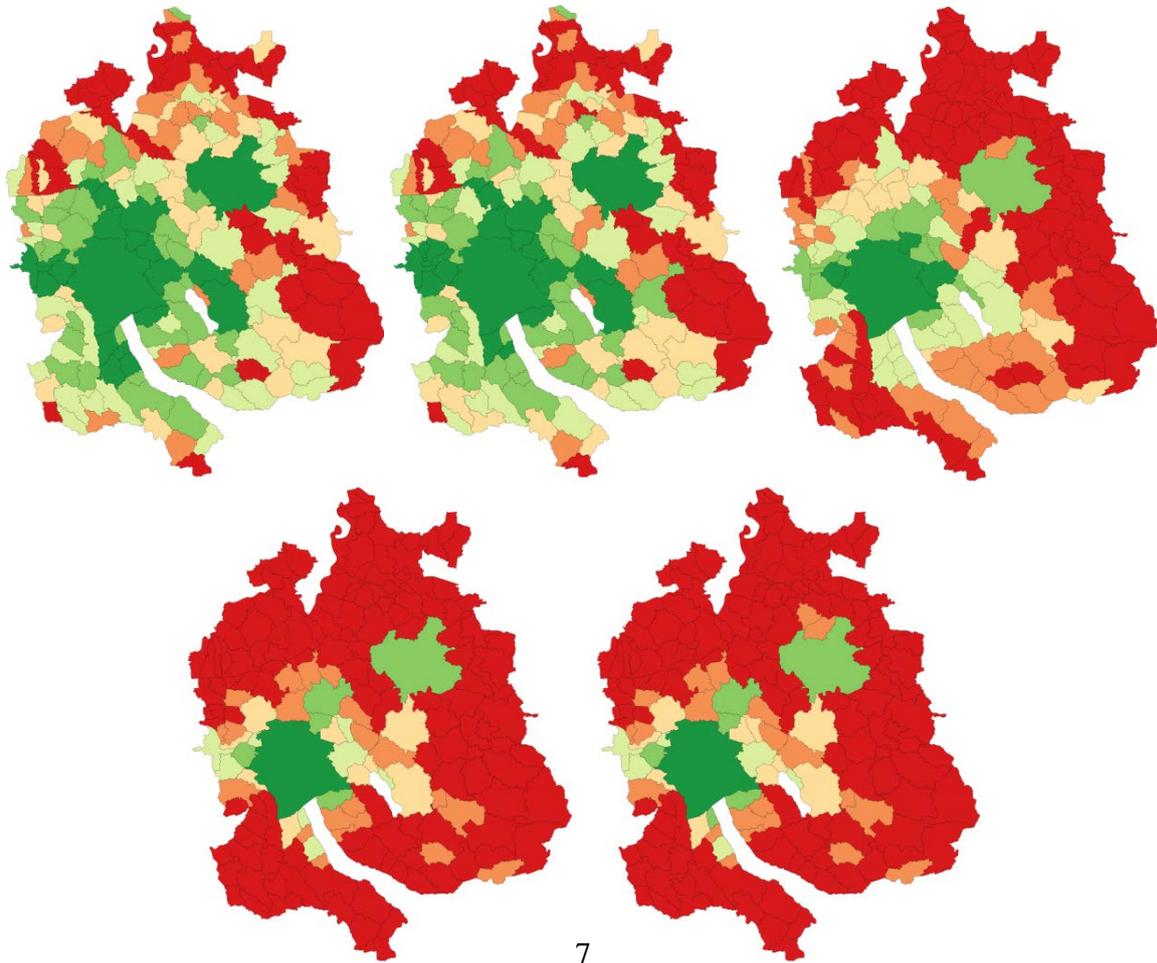
Tabelle 4 Zusammenstellung der Erreichbarkeit ÖV pro Gemeinde im Kanton Zürich

Jahr	Min	25% Q.	Median	Mittelwert	75% Q.	Max	Std. Abweichung
2010	0.3	31.2	94.1	242.6	261.8	6693.0	570.6
2007	0.1	31.0	97.0	239.6	253.6	6672.0	563.2
2003	0.2	6.45	23.4	83.6	76.3	3013.0	249.5
1998	0.2	3.04	12.0	38.5	25.1	1602.0	132.1
1995	0.2	3.16	12.0	40.0	29.2	1863.0	150.5

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass die Erreichbarkeit ÖV eine steigende Tendenz aufweist. Die Erreichbarkeit 2010 hat sich im Gegensatz zu 2007 nur geringfügig verändert bzw. verbessert. Wie zudem auffällt, beschränkt sich die Erreichbarkeit nicht nur auf Zürich und Winterthur wie in den vorausgehenden Jahren, sondern viele Gemeinden sind tendenziell gut erreichbar (vgl. Abbildung 5). Beim ÖV 2003 hingegen beschränkt sich die Erreichbarkeit stark auf die Gemeinden rund um Zürich. Es scheint, dass die Erreichbarkeit umso tiefer ist, je weiter weg sich ein Ort von Zürich befindet. Bei ÖV 1995 und ÖV 1998 ist dieser Sachverhalt noch ausgeprägter. Dieser Sachverhalt erstaunt grundsätzlich nicht, schliesslich konzentrieren sich

in Zürich rund 44% (2008) aller Beschäftigten des Kanton Zürichs (Zürcher Kantonalbank, 2008) und des Weiteren sollte Zürich als Knotenpunkt der Schweiz ausgezeichnet erschlossen sein. Bei den Erreichbarkeiten 1998 und 1995 fällt auf, dass zwei Gemeinden (unten rechts in Abbildung 5) besser erreichbar sind, obwohl sie ausschliesslich von schlechter erreichbaren Gemeinden umgeben sind. Der Grund hierfür könnte sein, dass diese Gemeinden wichtige Knotenpunkte sind, die u.a. durch Schnellzüge angefahren werden. Merkwürdigerweise ist die Erreichbarkeit im Jahr 2003 in einer dieser Gemeinden tiefer als in den Nachbargemeinden - es zeigt sich hier also gerade der umgekehrte Trend. Generell sind die Unterschiede in den Erreichbarkeiten der verschiedenen Jahre relativ gross. Sie beruhen einerseits auf einer realen Veränderung im ÖV-Netz und andererseits können Unterschiede auch aus den jeweils verwendeten Modellen zur Berechnung der Reisezeiten herrühren. Letzteres würde auch den relativen grossen Sprung der Erreichbarkeit zwischen 2003 und 2007 erklären und dürfte der Hauptgrund für die grossen Differenzen darstellen.

Abbildung 5 Erreichbarkeit ÖV pro Gemeinde



Von links nach rechts: 2010, 2007, 2003, (oben); 1998,1995 (unten)

Legende Erreichbarkeit ÖV

0 - 25	100 - 200
25 - 50	200 - 500
50 - 100	> 500

Ursachen der Unterschiede in der Erreichbarkeit ÖV

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich wird, sind die mittleren Reisezeiten der verschiedenen Jahre mehr oder weniger identisch geblieben, während sich die minimalen und maximalen Reisezeiten stark unterscheiden. Des Weiteren überrascht, dass die Erreichbarkeit der Jahre 2007/2010 markant höher ist als in den Jahren 2003/1998/1995, obwohl die mittleren Reisezeiten relativ ähnlich sind. Der Grund liegt in der Gewichtungsfunktion gemäss Formel [1], wonach vor allem tiefe Reisezeiten einen signifikanten Beitrag zur Erreichbarkeit leisten. Der Vergleich der mittleren Reisezeiten zwischen den einzelnen Jahren ist deshalb für eine Interpretation nicht vorzuziehen, da er nicht besonders aussagekräftig ist. Zudem scheint ein solcher Vergleich auch nur bedingt möglich, da teilweise eine andere Zoneneinteilung vorliegt, d.h. die mittleren Reisezeiten dürften sich auch aufgrund der verschiedenen Zoneneinteilungen unterscheiden.

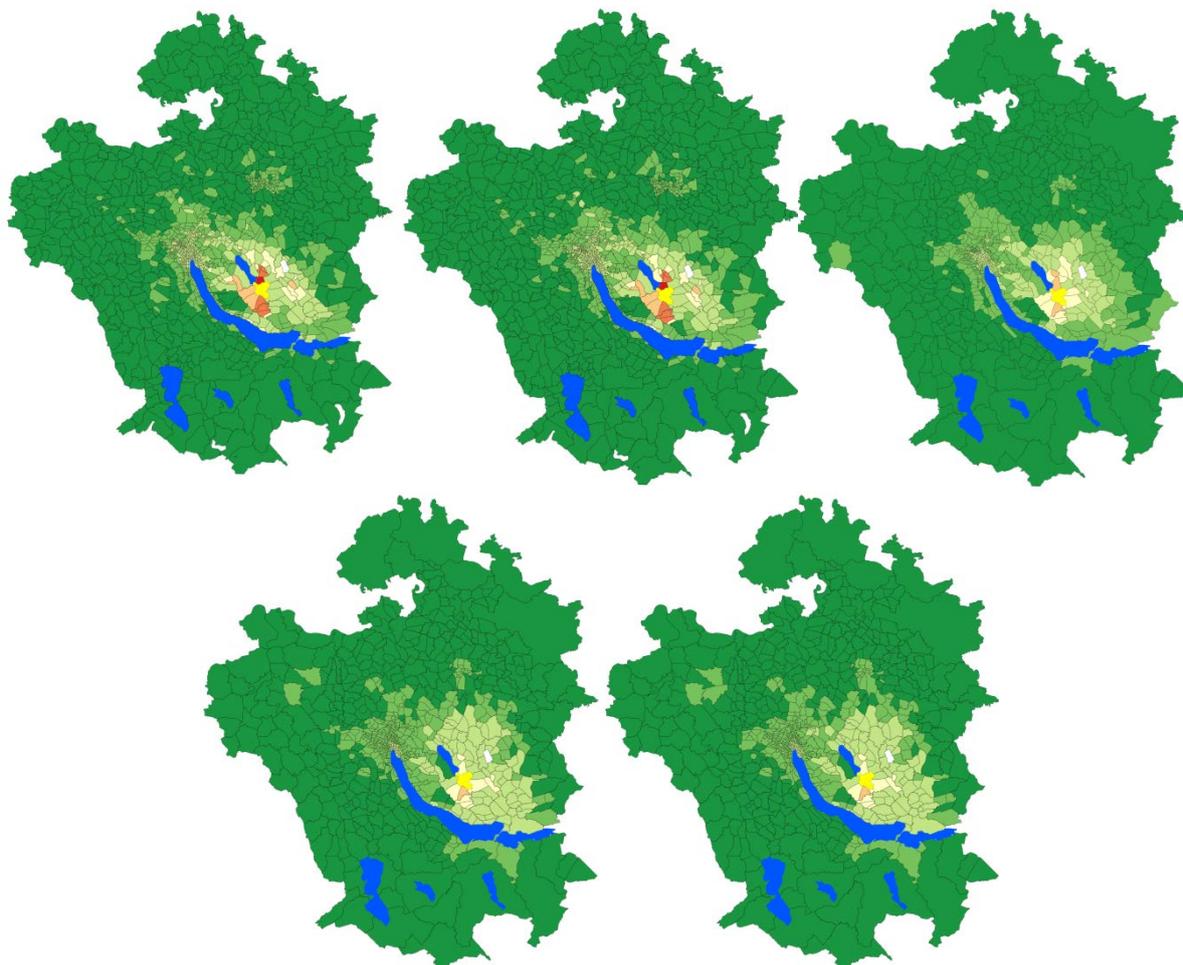
Unterschiede der Erreichbarkeit ÖV am Beispiel der Gemeinde Mönchaltorf

Exemplarisch wird eine Zone mit sehr unterschiedlichen Erreichbarkeiten herausgegriffen, um an ihr mögliche Gründe für diese grossen Abweichungen in der Erreichbarkeit gemäss Tabelle 4 erläutern zu können. Hierfür eignet sich die Gemeinde Mönchaltorf gut; einerseits hat sie relativ unterschiedliche Erreichbarkeiten, zum anderen liegt für alle Jahre eine identische Zoneneinteilung vor, zumal Mönchaltorf aus einer einzigen Zone besteht.

Tabelle 5 Reisezeiten ÖV der Gemeinde Mönchaltorf in Minuten

Jahr	Erreichbarkeit	t_{\max}	t_{\min}	t_{mittel}	Anzahl Zonen	
					$0 \leq t \leq 20 \text{ min}$ (Beitrag zur Erreichbarkeit [%])	$20 < t < 40 \text{ min}$ (Beitrag zur Erreichbarkeit [%])
2010	477.2	188	6	81	8 (88.8)	22 (7.0)
2007	459.8	192	6	81	8 (89.2)	19 (6.6)
2003	26.0	146	27	79	0 (0)	14 (70.3)
1998	15.3	167	30	83	0 (0)	10 (52.4)
1995	15.2	156	30	81	0 (0)	10 (53.3)

Abbildung 6 Reisezeiten ÖV zur Gemeinde Mönchaltorf in Minuten



Mönchalt ist gelb markiert

Von links nach rechts: Jahr 2010, 2007, 2003 (oben); 1998 und 1995 (unten)

Legende Reisezeiten [min]

■ 0 - 10	■ 40 - 60
■ 10 - 20	■ 60 - 80
■ 20 - 30	■ > 80
■ 30 - 40	

Hier zeigt sich noch einmal, dass Unterschiede wohl auch auf die unterschiedlichen Modelle zurückzuführen sind. Die Jahre 1998 und 1995 mit mehr oder weniger identischer Zoneneinteilung, bis auf Winterthur, verhalten sich sehr ähnlich mit nur marginalen Verbesserungen der Erreichbarkeit. Auch verbessert sich die Erreichbarkeit nicht wesentlich zwischen den Jahren 1998 und 2003, jedoch erkennt man eine deutliche Zunahme zwischen

2003 und 2007. Im Jahr 1998 können 10 Zonen innerhalb von 40 Minuten angefahren werden, welche 8.0 zu der Erreichbarkeit beisteuern (52.4 % der totalen Erreichbarkeit). Im Jahr 2003 können vier weitere Zonen innerhalb von 40 Minuten erreicht werden. Durch diese 14 Zonen hat die Gemeinde bereits eine Erreichbarkeit von 18.3 (70% der totalen Erreichbarkeit). Damit ergibt sich eine Differenz von rund 8.0, was ungefähr der totalen Differenz der Erreichbarkeit von 10.3 entspricht. Dieser Vergleich macht deutlich, dass durch eine Verbesserung der Reisezeiten die Erreichbarkeit einer Gemeinde enorm steigt.

Im Jahr 2003 scheint Mönchaltorf hinsichtlich der mittleren Reisezeiten besser erreichbar zu sein als im Jahr 2007, dennoch besteht eine grosse Differenz. Die Anzahl der Beschäftigten hat im Jahr 2007 zwar zugenommen, aber nur um etwa 5.4%. Dieser eher geringe Unterschied vermag die beobachtete Differenz der Erreichbarkeit nicht zu erklären. Im Gegensatz zu ÖV 2003 gibt es bei ÖV 2007 bzw. ÖV 2010 Zonen mit Reisezeiten, die unter 20 Minuten angefahren werden können; diese machen 88.8% der Erreichbarkeit dieser Gemeinde aus. Die Zonen mit Reisezeit zwischen 20 und 40 Minuten machen demgegenüber 7.0% aus. Die restlichen 4.2% resultieren aus rund 855 Zonen mit Reisezeit grösser als 40 Minuten. Hier äussert sich der relativ hohe Unterschied; beim ÖV 2003 gibt es kaum Zonen mit tiefer Reisezeit, dementsprechend ist die Erreichbarkeit auch relativ tief.

Vergleicht man die Grafiken in Abbildung 6, erkennt man, dass sehr wenige Zonen unter 30 Minuten angefahren werden können. Die Reisezeitverteilung 2007 ist erwartungsgemäss sehr ähnlich zu 2010, und auch 2003 scheint relativ ähnlich zu sein, ausser dass nur wenige Zonen schnell erreichbar sind. Diese Verkürzung ab 2007 ist für die höhere Erreichbarkeit verantwortlich. 1995 und 1998 ändert sich das Bild deutlich; keine Zone wird unter 30 Minuten angefahren, die Erreichbarkeitswerte sind dementsprechend tief. Es fällt aber auf, dass Zonen mit einer Reisezeit von mehr als 80 Minuten praktisch konstant bleiben, während sich die Werte der maximalen Reisezeiten jedoch teilweise deutlich geändert haben (vgl. Tabelle 5).

Erreichbarkeit des motorisierten Individualverkehrs im Kt. Zürich

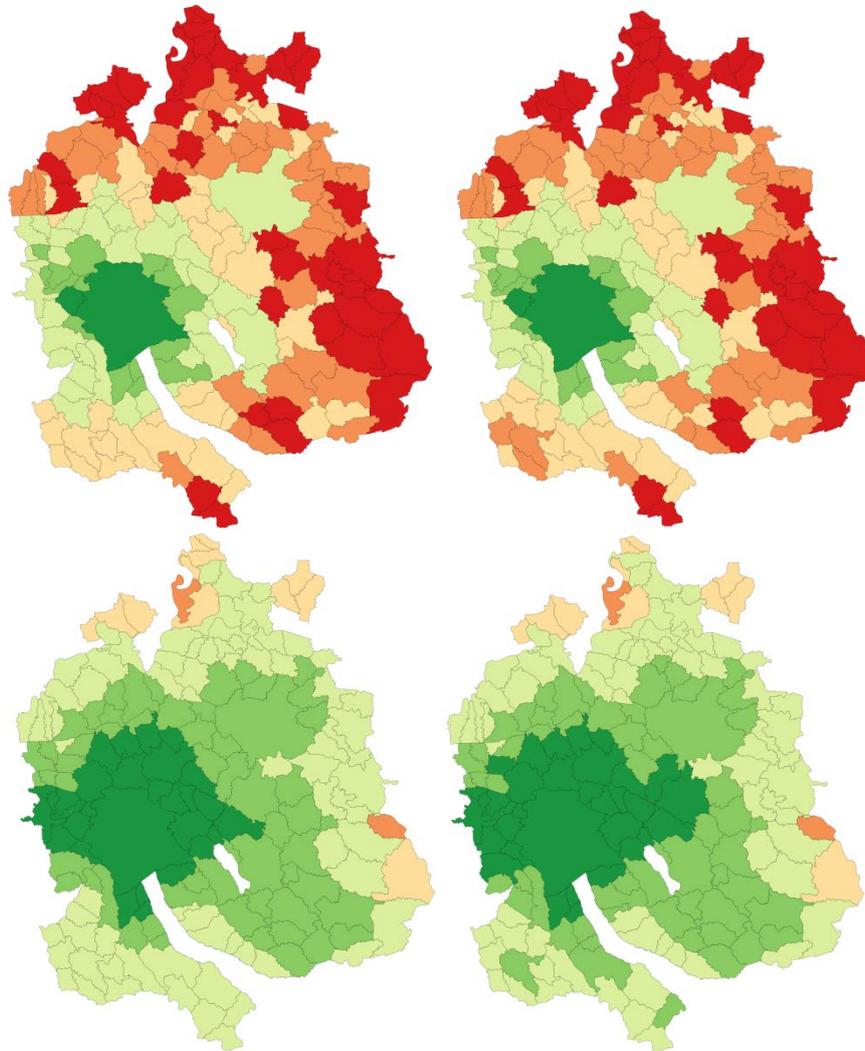
In folgender Tabelle sind die Resultate der Erreichbarkeiten des motorisierten Individualverkehrs im Kanton Zürich dargestellt. Die Erreichbarkeit für das Jahr 1995 kann nicht vorgelegt werden, aufgrund fehlender Daten zur Berechnung der Erreichbarkeit. Man beachte, dass sich die Wertebereiche stark von denjenigen des ÖV unterscheiden (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 6 Zusammenstellung der Erreichbarkeit MIV im Kanton Zürich

Jahr	Min	25% Q.	Median	Mittelwert	75% Q.	Max	Std. Abweichung
2010	47.5	524.7	1099.0	2025.0	2615.0	23730.0	2639.9
2007	45.1	539.7	1054.0	1939.0	2369.0	23200.0	2566.7
2003	667.3	3364.0	5081.0	6342.0	8644.0	19560.0	4077.8
1998	693.7	3572.0	5429.0	6758.0	8899.0	20970.0	4420.2

Mit Blick auf Tabelle 6 fällt auf, dass der Mittelwert der Erreichbarkeit über die Jahre sinkt, was nicht ganz plausibel ist. Zum einen hat die Anzahl der Beschäftigten zugenommen, zum anderen erwartet man auch hier stets Verbesserungen im Strassennetz, wie etwa neue Strassenlinien, Tunnel, Verbreiterung und Verbesserungen bestehender Strassen. Zudem hat gemäss BfS die Länge der Nationalstrassen im Kanton Zürich im letzten Jahrzehnt ständig zugenommen, was impliziert, dass Ortschaften generell schneller angefahren werden können. Dennoch könnte die zunehmende Belastung auf dem Strassennetz, aber auch die Einführung von Geschwindigkeitslimiten zu höheren Reisezeiten geführt haben und somit zur Abnahme der Erreichbarkeit über die Zeit. Laut BfS beträgt im Jahr 2011 der schweizweite Durchschnitt für einen Arbeitsweg 30 Minuten (BfS, 2013), im Jahr 2000 jedoch nur 23 Minuten. Dies impliziert, dass die Erreichbarkeit eine Abnahme erfahren hat, was auch für den Kanton Zürich zu gelten scheint. Es bestehen jedoch Zweifel, ob die hier gezeigten Erreichbarkeiten auf einer realen Veränderung im Strassennetz zurückgeführt werden können oder ob sie von inkonsistenten Modellen herrühren, schliesslich ist die Abnahme der Erreichbarkeiten beträchtlich.

Abbildung 7 Erreichbarkeit MIV pro Gemeinde



Von links nach rechts: 2010, 2007 (oben), 2003, 1998 (unten)

Legende Erreichbarkeit MIV

0 - 500	2000 - 5000
500 - 1000	5000 - 10000
1000 - 2000	> 10000

Unterschiede der Erreichbarkeit MIV am Beispiel der Gemeinde Mönchaltorf

Auch hier wird exemplarisch die Gemeinde Mönchaltorf herausgegriffen und die Reisezeiten der einzelnen Jahre miteinander verglichen.

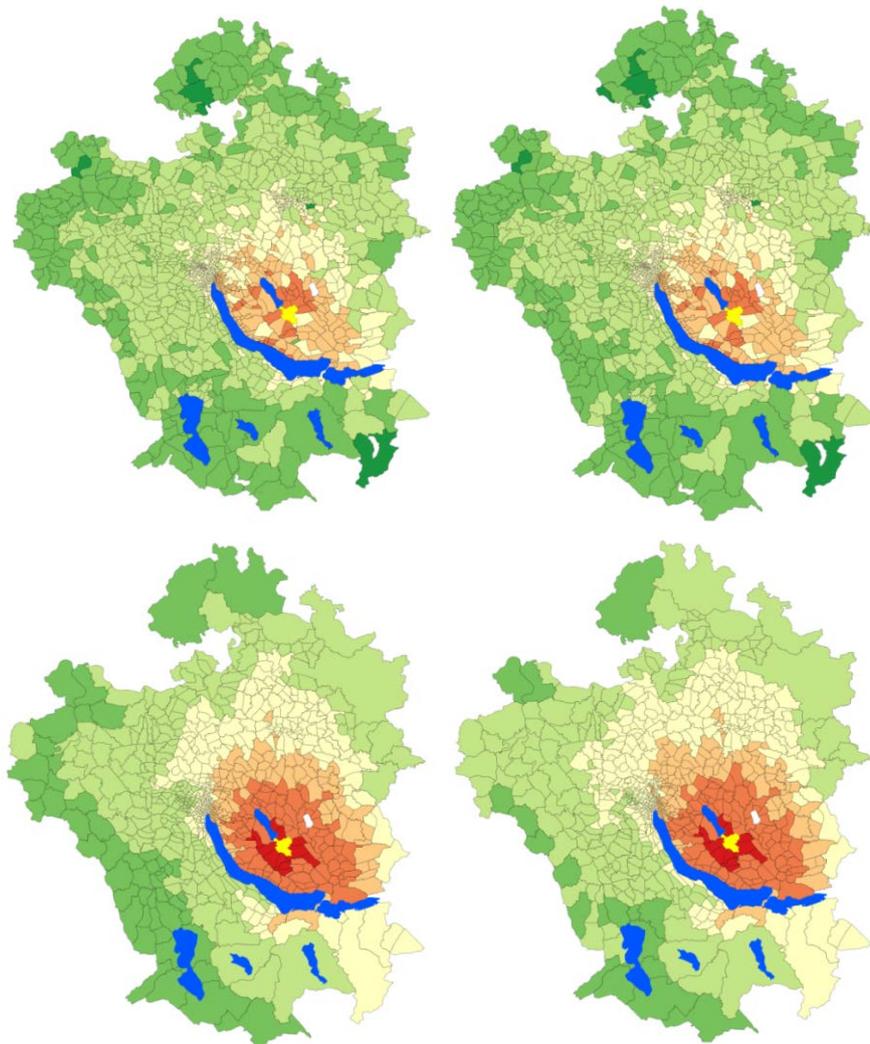
Tabelle 7 Reisezeiten MIV der Gemeinde Mönchaltorf in Minuten

Jahr	Erreichbarkeit	t_{\max}	t_{\min}	t_{mittel}	Anzahl Zonen	
					$0 \leq t \leq 20\text{min}$ (Beitrag zur Erreichbarkeit [%])	$20 < t \leq 40\text{min}$ (Beitrag zur Erreichbarkeit [%])
2010	2191.0	95	12	43	32 (32.23)	628 (66.11)
2007	2186.0	227 ¹⁾	12	43	34 (33.07)	629 (65.26)
2003	7377.6	76	7	37	107 (82.21)	413 (17.43)
1998	7765.8	70	7	34	112 (80.20)	492 (19.53)

¹⁾ Bei MIV2010 beträgt die Reisezeit der gleichen Zone 66 Minuten

Aus den Reisezeiten von Mönchaltorf ist sofort erkennbar, dass die Reisezeitverteilung sehr unterschiedlich ist. Zudem zeigt sich, dass die Reisezeiten des MIV tendenziell viel kleiner sind als jene des ÖV. Generell sind die Reisezeiten in den Jahren 1998/2003 wesentlich kleiner als für 2007/2010. Des Weiteren können 2007/2010 weitaus weniger Zonen innerhalb von 20 Minuten angefahren werden, als noch 1998/2003. Diese Tatsachen erstaunen, denn weshalb sollten die Reisezeiten so massiv abnehmen? Im letzten Jahrzehnt dürfte kaum flächendeckend tiefere Tempolimiten eingeführt worden sein, und auch die Belastung im Verkehrsnetz dürfte nicht extrem gestiegen sein, z.B. durch den Bevölkerungszuwachs. Die markanten Unterschiede sind demnach eher auf die verwendeten Modelle zurückzuführen, als dass sie reale Veränderungen abbilden.

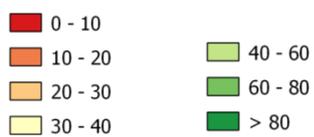
Abbildung 8 Reisezeiten MIV zur Gemeinde Mönchaltorf



Mönchaltorf ist gelb markiert

Von links nach rechts: 2010, 2007 (oben), 2003, 1998 (unten)

Legende Reisezeiten [min]



Vergleich der Erreichbarkeiten von MIV und ÖV

Der Vergleich der Abbildung 5 und Abbildung 7 zeigt, dass Gemeinden, die mit MIV gut erreichbar sind, tendenziell auch gut mit ÖV erreicht werden können. Die Erreichbarkeit der verschiedenen Verkehrssysteme nehmen aber sehr unterschiedliche Werte an (man beachte die unterschiedlichen Skalen); generell ist die Erreichbarkeit MIV um ein Vielfaches grösser als diejenige des ÖV. Dies ist nur auf die unterschiedliche Reisezeit zurückzuführen, die für MIV wesentlich geringer ist als für ÖV. Dieser Sachverhalt mag vor allem damit zusammenhängen, dass beim ÖV auch Warte- und Umsteigezeiten anfallen, die einen grossen Anteil der Reisezeit ausmachen dürften.

Des Weiteren fällt auf, dass die Entwicklung der Erreichbarkeiten gegenläufige Tendenzen aufweisen. Die Erreichbarkeit ÖV zeigt über die Jahre eine deutliche Verbesserung, für MIV resultiert hingegen eine Verschlechterung.

Standardisierung der Erreichbarkeit

Wie man aus obigen Abbildungen und Tabellen erkennt, sind die Erreichbarkeiten der verschiedenen Jahre nur bedingt vergleichbar. Es ist deshalb nötig, die Erreichbarkeit zu standardisieren und sie so vergleichbar zu gestalten. Durch eine Standardisierung bewegt sich der Wert der Erreichbarkeit als Ganzes zwar in einem ähnlichen Bereich, indem die standardisierte Erreichbarkeit den Mittelwert 0 und die Standardabweichung 1 aufweist; dennoch bleiben die Unterschiede zwischen den einzelnen Gemeinden bestehen. Aus Abbildung 9 und Abbildung 10 erkennt man, dass die standardisierten Erreichbarkeiten stark rechtsschief sind, d.h. es gibt relativ wenig hohe Werte, und der Median ist kleiner als der Mittelwert. Verantwortlich hierfür dürfte vor allem die Gemeinde Zürich sein, die in der Regel eine extrem grosse Erreichbarkeit aufweist und dementsprechend der Mittelwert tendenziell höher als der Median ausfällt.

$$E_{i,st} = \frac{E_i - \bar{E}}{\sigma(E)}$$

$E_{i,st}$ standardisierte Erreichbarkeit Ortschaft i

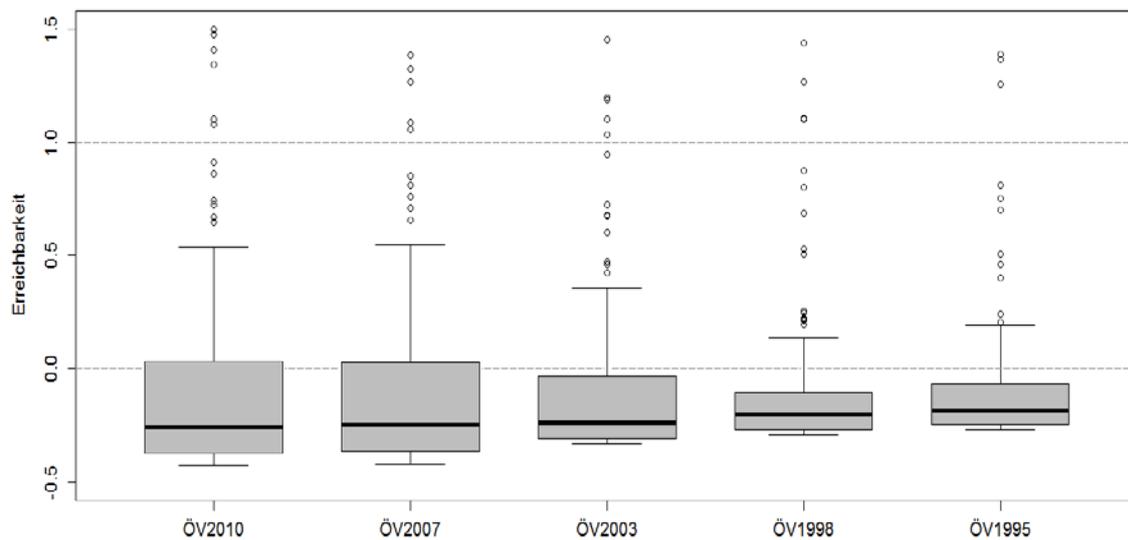
E_i Erreichbarkeit Ortschaft i

\bar{E} Mittelwert der Erreichbarkeit im Kanton Zürich

$\sigma(E)$ Standardabweichung der Erreichbarkeit

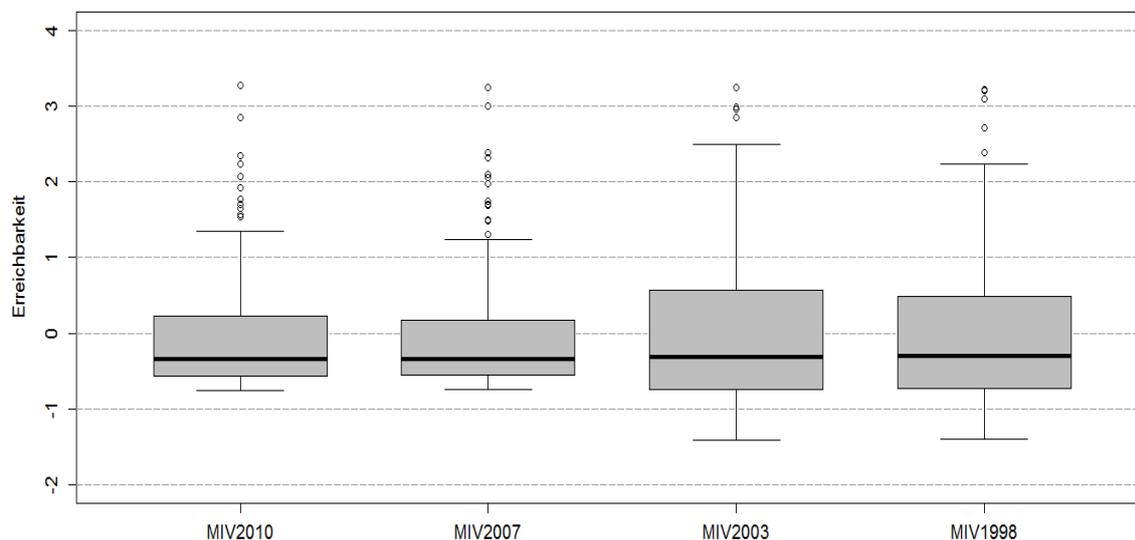
In Abbildung 9 wurde die obere Grenze der standardisierten Erreichbarkeit ÖV auf den Wert 1.5 begrenzt umso die Lesbarkeit zu verbessern. Dabei werden, je nach Jahr, drei bis vier Datenpunkte nicht dargestellt.

Abbildung 9 Boxplot der standardisierten Erreichbarkeiten ÖV



Beim Boxplot der standardisierten Erreichbarkeit MIV wurde die Gemeinde Zürich aufgrund besserer Lesbarkeit weggelassen.

Abbildung 10 Boxplot der standardisierten Erreichbarkeiten MIV



Interessant bei der Betrachtung der Abbildung 9 und Abbildung 10, ist der Sachverhalt das rund 75% aller Gemeinden eine unterdurchschnittliche Erreichbarkeit aufweisen. Bei der Erreichbarkeit MIV (Abbildung 10) ist diese Tatsache nicht so stark ausgeprägt.

3.3.3 Hauptkomponentenanalyse

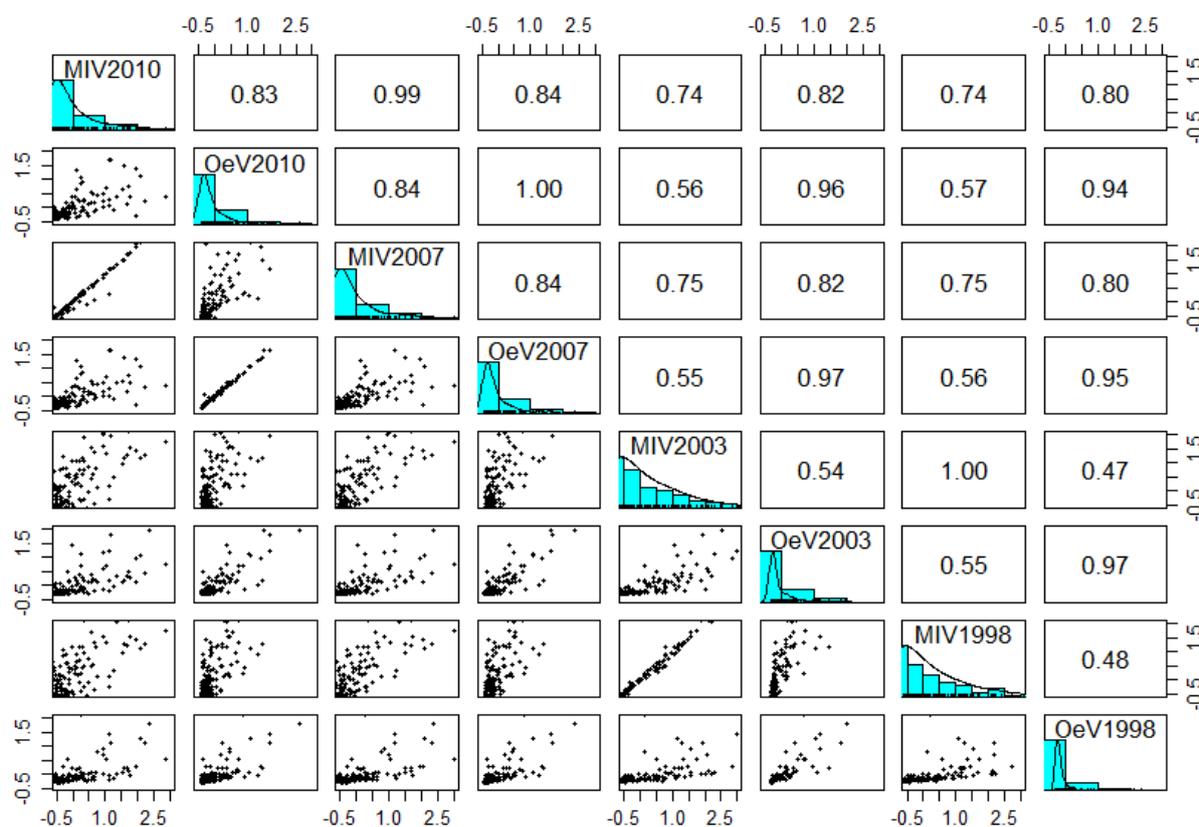
Das Grundkonzept der Hauptkomponentenanalyse wurde bereits in Kapitel 3.2.4 erläutert. In folgendem Abschnitt werden die gefundenen Hauptkomponenten (HK) analysiert und deren Bedeutung interpretiert.

Übersicht über die Korrelationen

Als Kriterium, ob eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt werden soll, wird oftmals untersucht wie gross der lineare Zusammenhang zwischen den einzelnen Variablen ist. Bei grosser Korrelation ist eine Hauptkomponentenanalyse angebracht, bei schwacher Korrelation hingegen eher nicht. Da jedoch durch eine Rotation des Koordinatensystems keine Information verloren geht, kann eine Hauptkomponentenanalyse auch bei schwacher Korrelation erfolgen. In Abbildung 11 sind die Scatterplots und Korrelationskoeffizienten der

Erreichbarkeiten dargestellt. Für eine bessere Lesbarkeit wurde die Gemeinde Zürich nicht in dem Scatterplots abgebildet. Die Korrelationen der verschiedenen Jahre sind relativ unterschiedlich, was insbesondere auf die verschiedenen Verkehrsmodelle zurückzuführen ist. So ist Beispielsweise das Verkehrsmodell MIV 2010 identisch mit MIV 2007 bzw. ÖV 2010 mit ÖV 2007 und dementsprechend hoch sind die Korrelationen zwischen diesen Erreichbarkeiten. Die Korrelation der Erreichbarkeit ÖV 2007 und ÖV 2003 ist dem gegenüber relativ klein; hier hat ein Wechsel des Verkehrsmodells stattgefunden.

Abbildung 11 Korrelationen nach Pearson der standardisierten Erreichbarkeiten



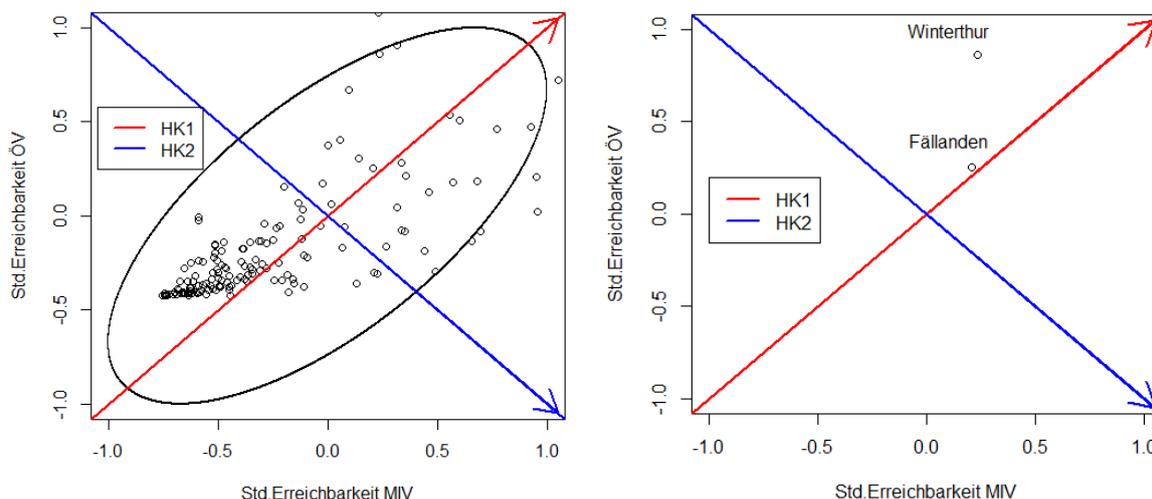
In Tabelle 8 sind die Anteile der erklärten Varianz der jeweiligen Hauptkomponenten dargestellt. Die Werte machen eine Aussage wie viel der Streuung durch die jeweilige Hauptkomponente erklärt werden kann, wobei die Summe immer Eins beträgt.

Tabelle 8 Hauptkomponentenanalyse: Anteil der Erklärten Varianz [%]

Jahr	Hauptkomponente 1	Hauptkomponente 2
2010	91.75	8.25
2007	92.03	7.97
2003	76.77	23.23
1998	74.05	25.95

Aus Tabelle 8 ist ersichtlich, dass die HK1 insbesondere für die Jahre 2007 und 2010 relativ viel der Gesamtvarianz erklärt, da hier ein relativ hoher Korrelationskoeffizient vorliegt, erstaunt dieser Befund generell nicht. Die HK2 erklärt dennoch einen nicht vernachlässigbaren Anteil und sollte demnach ebenfalls in die Regression einbezogen werden. Bei den Jahren 1998 und 2003 beschreibt die erste Hauptkomponente zwar den grössten Teil der Varianz, jedoch bei weitem nicht mehr so viel, wie dies für 2007 und 2010 der Fall ist

Abbildung 12 Richtungen der Hauptkomponenten



Pfeile repräsentieren die positiven Richtungen der Hauptkomponenten

Abbildung 12 stellt die Richtungen der Hauptkomponenten dar. Zusätzlich wurde eine Korrelationsellipse geplottet, sie zeigt die Richtung der grössten Korrelation auf; je mehr die Korrelationsellipsen in eine bestimmte Richtung zeigen, desto grösser ist der lineare

Zusammenhang bzw. die Korrelation (Schendera CFG, 2004). Die erste Hauptkomponente wurde demnach gerade in Richtung der grössten Varianz gelegt, HK2 steht senkrecht dazu. Da standardisierte Daten vorliegen, entspricht die Richtung der grössten Korrelation bzw. Varianz der Winkelhalbierenden zwischen der x- und y-Achse. Die manuellen Berechnungen nach oben genannten Schritten, zeigen minimale Abweichungen zu dem R-Befehl `prcomp()`, wo die Eigenvektoren und Scores direkt ausgegeben werden können. Diese Unterschiede sind wohl auf interne Rundungsfehler in dem Befehl `prcomp()` zurückzuführen.

Interpretation der Hauptkomponenten

Die erste Hauptkomponente beschreibt Gemeinden, dessen Erreichbarkeiten MIV und ÖV sehr ähnlich um den Mittelwert der jeweiligen standardisierten Erreichbarkeit streuen. Liegt ein Beobachtungspunkt gerade auf der HK1, so streuen beide standardisierte Erreichbarkeiten im gleichen Masse um den Mittelwert. Werte der ersten Hauptkomponenten nehmen dabei positive Werte an, falls eine $Std. E_{MIV_i} > 0$, d.h. Gemeinden, die eine überdurchschnittliche Erreichbarkeit im Kanton Zürich aufweisen. HK2 macht eine Aussage darüber, wie unterschiedlich die Erreichbarkeit einer Gemeinde hinsichtlich ihrer Streuung ist. Je unterschiedlicher die Erreichbarkeiten, desto grösser wird HK2 betragsmässig. Werte von HK2 werden positiv, wenn ein Datenpunkt unterhalb der Winkelhalbierenden zu liegen kommt, d.h. je besser eine Gemeinde mit MIV als mit ÖV erreichbar ist, desto grösser wird HK2.

Tabelle 9 Interpretation Hauptkomponente für ausgewählte Beobachtungen (2010)

	Gemeinde Fällanden	Gemeinde Winterthur
Std. E_MIV	0.21	0.23
Std. E_ÖV	0.25	0.86
HK 1	0.32	0.78
HK 2	-0.03	-0.44

Die Gemeinden Fällanden als auch Winterthur haben $Std. E_{MIV} > 0$ und demnach sind die Werte der HK 1 auch > 0 . Für beide Gemeinden gilt, dass $Std. E_{MIV} < Std. E_{ÖV}$, womit die Punkte oberhalb der ersten Hauptkomponenten liegen; die Werte der HK 2 sind somit negativ. Zudem weisen die standardisierten Erreichbarkeiten der Gemeinde Winterthur wesentlich grössere Unterschiede auf. Der Punkt wird demnach erwartungsgemäss einen grösseren Abstand zur ersten Hauptkomponenten zeigen als die Gemeinde Fällanden - was der Wert der HK 2 bestätigt.

3.3.4 Fragestellung 3: Einflüsse auf den Bodenpreis

Im Folgenden werden die Prädiktorvariablen, die in Kapitel 2.2 auf theoretischer Basis erläutert wurden, einer statistischen Untersuchung unterzogen, d.h. es wird überprüft, ob sie einen signifikanten Einfluss auf den Bodenmarkt ausüben.

Erreichbarkeit

Die Korrelationen der standardisierten Erreichbarkeit mit dem Landpreis fallen generell für MIV etwas besser aus. Korrelationskoeffizient beträgt für MIV $r=0.53$ (1998) und $r=0.46$ (2010), für ÖV hingegen $r=0.32$ (1998) und $r=0.31$ (2010). Der lineare Zusammenhang mit der Erreichbarkeit MIV scheint demnach etwas besser zu sein, d.h. diese Grösse dürfte den Landpreis etwas besser erklären als die Erreichbarkeit ÖV. Im Modell sind aber beide Variablen stets signifikant.

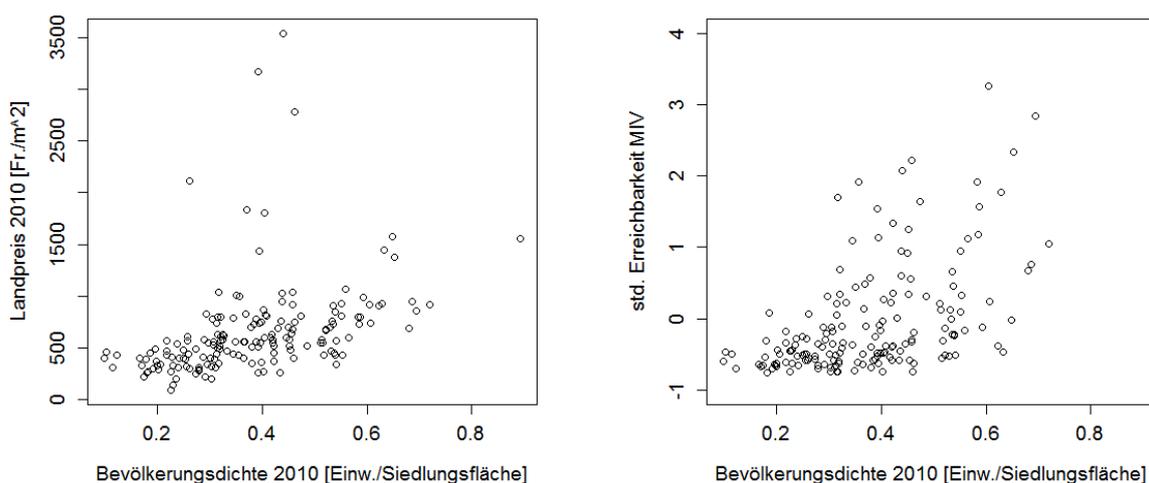
Eine ähnliche Erreichbarkeit sollte einen positiven Einfluss haben, was durch die HK1 repräsentiert wird. Nur eine einseitige Erreichbarkeit ist kaum wünschenswert; man will möglichst grosse Freiheiten in der Mobilitätswahl haben und nicht abhängig von nur einem Transportmittel sein. Die Modellerwartung für die HK 2 ist etwas komplizierter; HK2 repräsentiert die Unterschiede in der Erreichbarkeit. Ein positiver Regressionskoeffizient deutet darauf hin, dass mit steigenden Werten der HK2 auch der Landpreis zunimmt. Dies würde bedeuten, dass Land in Gemeinden teurer gehandelt wird, je besser die Erreichbarkeit MIV und je schlechter die Erreichbarkeit ÖV ausfallen. HK2 macht demnach eine Aussage darüber, welche Erreichbarkeit stärker im Boden kapitalisiert ist. Gemäss Moser (2008a) ist das Auto immer noch das wichtigste Verkehrsmittel der Zürcher Bevölkerung. Ob dies auch für den Landpreis gilt, wird sich beim Vorzeichen des Regressionskoeffizienten der HK2 herausstellen.

Bevölkerungsdichte pro Siedlungsgebiet

Diese Variable hat wider Erwarten keinen signifikanten Einfluss auf den Landpreis. Die Grösse korreliert relativ schwach mit dem Landpreis; der Korrelationskoeffizient beträgt zwischen $r=0.38$ (2010) und $r=0.51$ (1995). Die Bevölkerungsdichte korreliert hingegen auch mit der Erreichbarkeit MIV mit maximal $r=0.59$ (2007), als auch mit der Erreichbarkeit ÖV mit maximal $r=0.51$ (2010). Das heisst, dass Gemeinden mit höherer Bevölkerungsdichte pro Siedlungsgebiet tendenziell auch besser erreichbar sind. Aus der Erreichbarkeit, kann also bis zu einem gewissen Grad die Bevölkerungsdichte abgeleitet werden.

Man könnte zwar vermuten, dass gerade in Gemeinden mit hohen Bevölkerungsdichten Land besonders knapp ist und gemäss dem Angebot-Nachfrage-Prinzip teuer gehandelt wird. Ein möglicher Grund, dass diese Variable keinen signifikanten Einfluss hat, könnte sein, dass zwar in Städten wie Zürich, wo der Landpreis hoch ist, auch die Bevölkerungsdichte mit 8923 Einw./km² (2010) relativ hoch ist. Demgegenüber haben Gemeinden wie beispielsweise Meilen, die an der Goldküste liegen, einen im Vergleich noch etwas höheren Landpreis, aber eine eher geringe Bevölkerungsdichte von rund 4617 Einw./km². Dies lässt sich damit begründen, dass in solchen Gebieten die Nachfrage nach grossen Grundstücken, um z.B. ein grösseres Haus zu bauen, hoch ist. Folglich ist man auch bereit, für solche, etwas abgeschiedene Grundstücke bzw. für Privatsphäre, mehr zu bezahlen. Diese „Ausreisser“ dürften der Grund sein, dass diese Variable keine Signifikanz aufweist.

Abbildung 13 Übersicht über Bevölkerungsdichte – Landpreis/Erreichbarkeit MIV



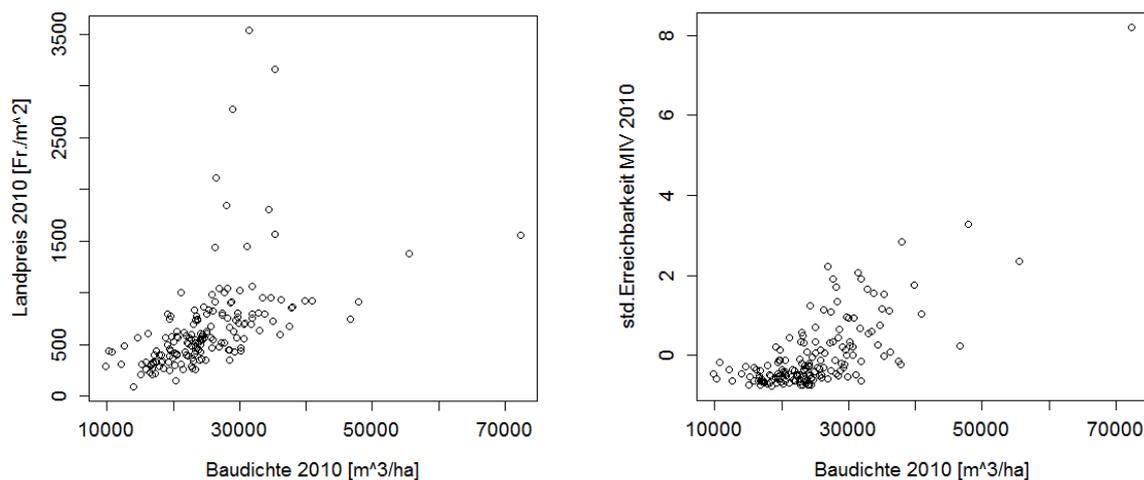
Daten: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Baudichte

Aus Abbildung 14 ist ersichtlich, dass mit $r=0.49$ (2010) eine relative hohe Korrelation mit dem Landpreis resultiert; je höher die Baudichte in der betreffenden Gemeinde, desto höher ist auch der Landpreis. Es gibt jedoch einige Ausreisser, bei denen es sich grösstenteils um Seegemeinden handelt. Zudem korreliert die Baudichte relativ stark mit der Erreichbarkeit, der Korrelationskoeffizient beträgt $r=0.56$ (MIV 2010). Dieses Ergebnis ist vor allem darauf zurückzuführen, dass in Gemeinden mit hoher Baudichte generell auch die Anzahl der Beschäftigten hoch ist. Weiter sollten solche Gebiete mit hoher Baudichte relativ gut

erschlossen sein, was die Erreichbarkeit direkt beeinflusst. Da jedoch nur Gemeindedaten ab dem Jahr 2000 vorliegen und die Jahre 1998 und 1995 deshalb nicht geschätzt und somit auch nicht direkt verglichen werden können, wird diese Variable nicht in das hedonische Preismodell einbezogen.

Abbildung 14 Übersicht der Baudichte [m^3/ha] – Landpreis/Erreichbarkeit MIV



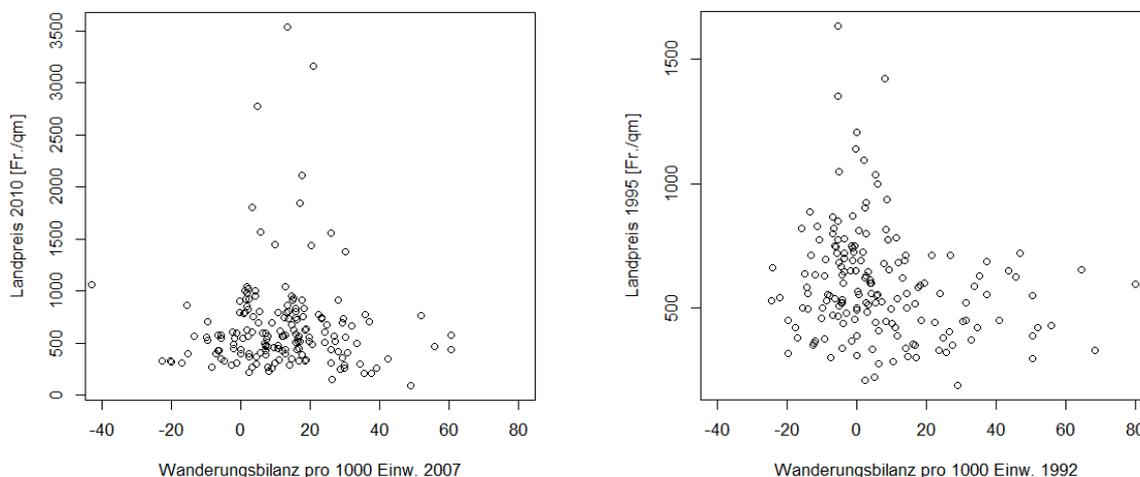
Daten Statistisches Amt des Kantons Zürich

Druck auf Wohnungs- und Bodenmarkt

Wanderungsbilanz

Die Korrelationen betragen für das Jahr 2010 mit der Wanderungsbilanz 2007 nur gerade $r=-0.01$ (links in Abbildung 15) und $r=-0.20$ für das Jahr 1995 mit der Wanderungsbilanz 1992 (rechts in Abbildung 15). Die Korrelationen sind also sehr schwach, deshalb erstaunt auch nicht, dass in den Regressionen für die einzelnen Jahre diese Variable in keinem Fall statistisch signifikant ausfällt. Der Bodenmarkt scheint durch den Zuwanderungsdruck also nicht spürbar beeinflusst zu werden. Der Grund hierfür könnte sein, dass Gemeinden relativ flexibel auf eine Zuwanderung bzw. Abwanderung reagieren, z.B. durch den Bau oder Abbruch von Wohnungen. Es konnte jedoch kein Zusammenhang der Wanderungsbilanz mit dem Anteil der überbauten Bauzonen, Anzahl Wohnungen pro 1000 Einwohner oder mit dem Anteil Gebäudevolumen am Wohnen gefunden werden.

Abbildung 15 Übersicht über Wanderungsbilanz – Landpreis

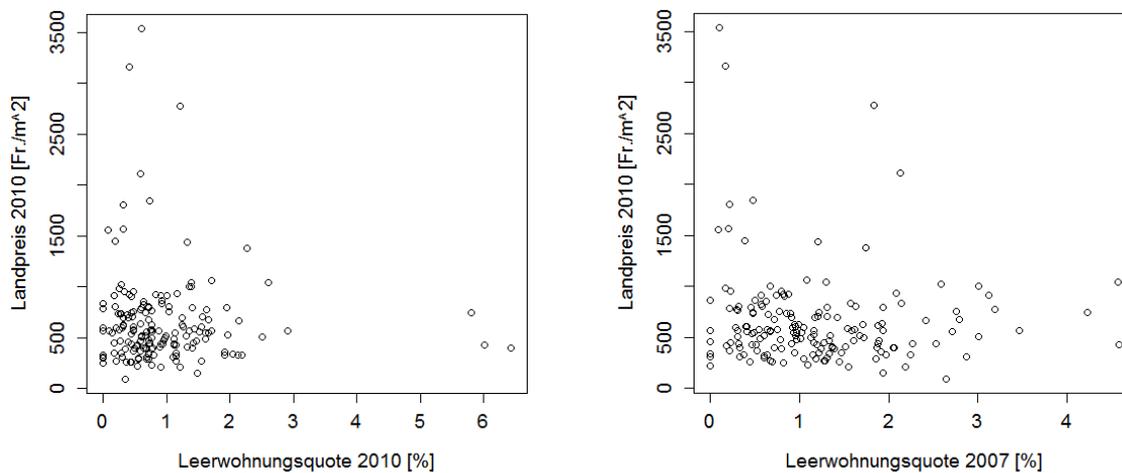


Daten Statistisches Amt des Kantons Zürich

Wohnungseerstandsquote

Die ermittelte Korrelation von $r=-0.07$ für Landpreis 2010 und Leerwohnungsquote 2010 ist erwartungsgemäss negativ, dennoch sehr gering. Berücksichtigt man eine Verzögerung von drei Jahren so beträgt $r=-0.08$. Aus Abbildung 16 erkennt man indes eine sehr grosse Streuung, d.h. der Landpreis nimmt bei gleicher Wohnungseerstandsquote sehr unterschiedliche Werte an. Der Grund dürfte mit der bekanntlich eher angespannten Situation im Zürcher Wohnungsmarkt zusammenhängen (NZZ, 2012). Nicht nur die Wohnungseerstandsquote ist tief, auch gibt es nur wenige leerstehende Einfamilienhäuser. Wohnraum zu finden ist dementsprechend schwierig, wobei es in Zürich deutliche Unterschiede gibt (vgl. Abbildung 16). Tendenziell scheint bei tiefer Wohnungseerstandsquote der Landpreis eher etwas höher zu sein, empirisch ergibt sich jedoch keine statistische Signifikanz dieser Variable auf den Landpreis.

Abbildung 16 Übersicht über Wohnungsleerstandquote – Landpreis



Daten: Statistisches Amt des Kantons Zürich

Sonnenindex

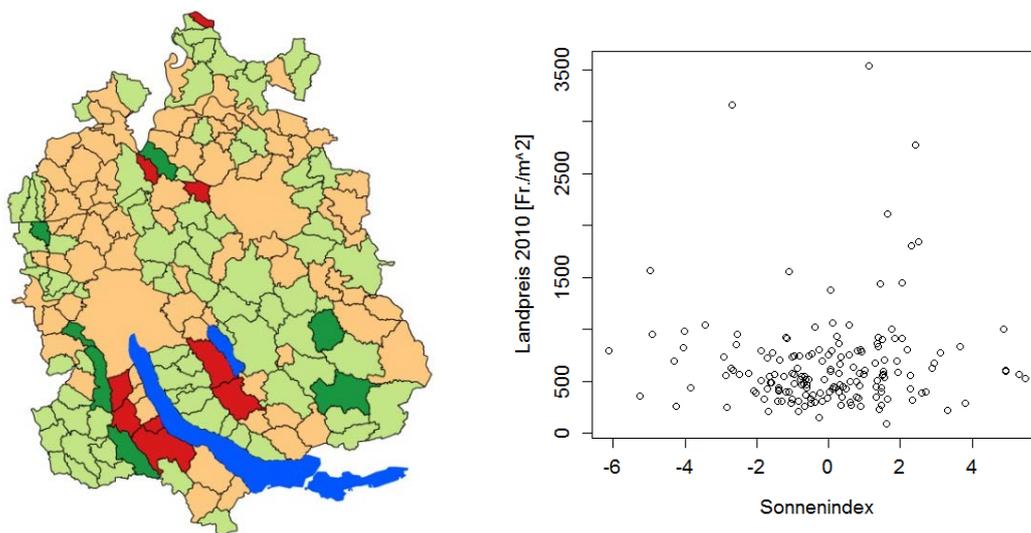
Der Sonnenindex ist ein Mass dafür, wie stark eine Gemeinde der Sonne ausgesetzt ist; für nähere Berechnungsgrundlagen wird auf Löchl (2007) verwiesen. Die Besonnung ist abhängig von der Hangausrichtung als auch von der Stärke der Hangneigung (Zürcher Kantonalbank, 2008). Schattenwurf von Gebäuden und Vegetation wird gemäss Löchl (2007) nicht berücksichtigt, d.h. der Sonnenindex entspricht dem potentiellen, aber nicht dem effektiven Sonnenindex.

Der maximale Korrelationskoeffizient mit dem Landpreis beträgt nur gerade $r=0.094$ für das Jahr 1998. Demnach ist der Landpreis praktisch unabhängig vom Sonnenindex. Dies, obwohl bereits die ZKB Studie als auch Löchl (2007) einen positiven Zusammenhang ermittelten. Diese statistische Unabhängigkeit könnte insbesondere darauf beruhen, dass der Sonnenindex gemittelt wurde um ihn auf Gemeindeebene verwenden zu können. Teuer verkaufte Parzellen, die in Realität einen hohen Sonnenindex aufweisen, werden auf Gemeindeebene nur mit dem gemittelten Sonnenindex erfasst. Dieser kann aber grosse Unterschiede zum wirklichen Sonnenindex haben. Da keine Angaben über die Lage der verkauften Parzellen bekannt ist, kann nur der gemittelte Sonnenindex dem Landpreis zugeordnet werden. In Abbildung 17 erkennt man, dass in den Seegemeinden, wo der Landpreis teuer ist, der gemittelte Sonnenindex zwar tendenziell hohe Werte annimmt, es aber weitaus noch höhere Werte gibt.

Dass der Sonnenindex an der Goldküste nicht so hoch ausfällt, dürfte damit zusammenhängen, dass es dort Gebiete gibt, die nur wenig der Sonne ausgesetzt sind, aber in den gemittelten Sonnenindex einfließen.

Im Modell selber weist der Sonnenindex nur für einzelne Jahre eine statische Signifikanz auf. Da aus der Literatur aber eine statistische Abhängigkeit bekannt ist und zudem die Signifikanz für einige Jahre gegeben ist, wird diese Variable dennoch ins Modell eingebunden.

Abbildung 17 Sonnenindex im Kanton Zürich - Landpreis



Daten: Löchl (2007)

Verteilung im Kanton Zürich (links), Scatterplot für das Jahr 2010 (rechts)

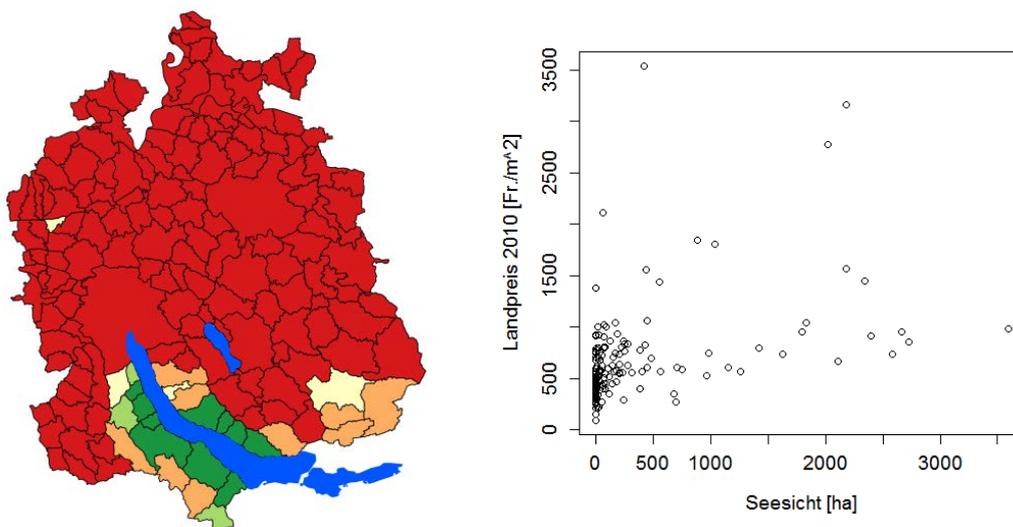
Legende



Seesicht

Die Seesicht gibt an, wie viele Hektaren See durchschnittlich von einer Gemeinde aus gesehen werden können. Für die genauere Beschreibung dieser Variable wird wiederum auf Löchl (2007) verwiesen. Die Seesicht ist am linken Seeufer generell etwas besser als am rechten Seeufer (Goldküste). Auch hier konnte die ZKB Studie bereits einen positiven Einfluss auf den Bodenpreis eruieren. Die Korrelation beträgt für das Jahr 2010 $r=0.44$, für 1995 nur $r=0.31$. Der lineare Zusammenhang ist zwar eher schwach, jedoch zeigt die Variable in der Regressionsanalyse einen signifikanten Einfluss und wird demnach ins Modell eingebunden. Da einige Gemeinden keine Seesicht haben, kann diese Variable nicht logarithmiert werden. Die Korrelation ist geringfügig besser, wenn die Wurzel dieser Variable genommen wird $r=0.49$ (2010), $r=0.38$ (1995). Im weiteren wird aber die Variable nicht skaliert, da die Korrelationen unwesentlich besser sind.

Abbildung 18 Seesicht im Kanton Zürich



Daten: DHM25 © 2006 swisstopo (DV033492.2)

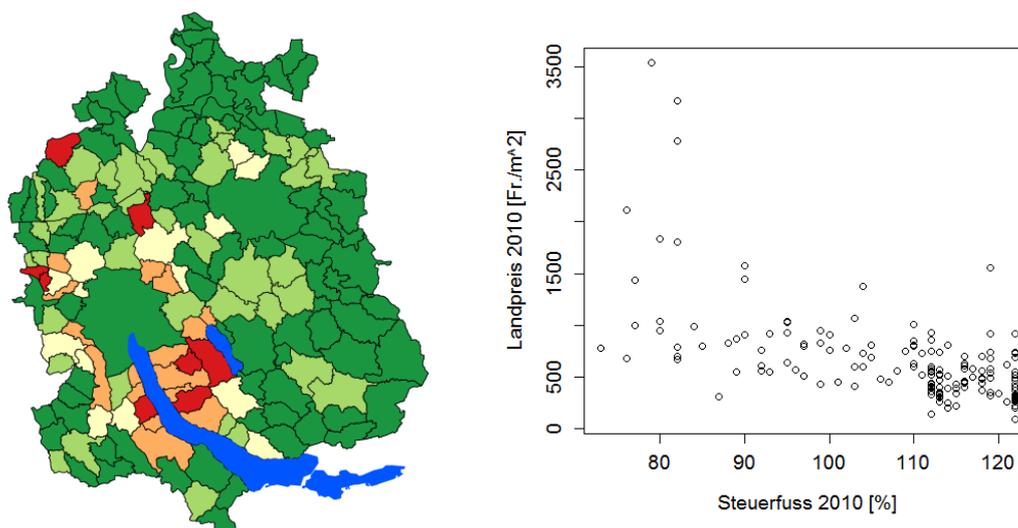
Legende [ha]



Steuerfuss (ohne Kirchensteuer)

Der Steuerfuss (ohne Kirchensteuer) wird in Prozent der einfachen Staatssteuer angegeben. Wie schon die ZKB Studie festgestellt hat, ist der Steuerfuss im Landpreis kapitalisiert, d.h., man bezahlt eine Art von „Eintrittspreis“ in Gemeinden mit tiefem Steuerfuss. Man erwartet also, dass mit steigendem Steuerfuss der Landpreis abnimmt, deshalb sollte der Regressionskoeffizient negativ ausfallen. Der Korrelationskoeffizient beträgt rund $r=-0.60$, d.h. es gibt eine relativ grosse negative Korrelation. Aus Abbildung 19 resultiert, dass der Steuerfuss vor allem in den Seegemeinden relativ tief ist; im restlichen Kanton – mit einigen Ausnahmen – ist er hingegen tendenziell hoch.

Abbildung 19 Übersicht Steuerfuss Jahr 2010 im Kanton Zürich



Daten: Statistisches Amt des Kantons Zürichs

Legende [%]



Steuerkraft pro Kopf

Der Korrelationskoeffizient mit dem Landpreis ist mit $r=0.77$ hoch, die Steuerkraft pro Kopf korreliert mit einem Wert von $r=-0.75$ aber auch stark mit dem Steuerfuss. Dies bedeutet also, dass mit tieferem Steuerfuss die Steuerkraft allgemein höher ist. Dieser Zusammenhang ist darauf zurückzuführen, dass man sich gerade bei hohem Einkommen bzw. Vermögen eine Gemeinde mit tiefem Steuerfuss aussucht. Für eher einkommensschwächere Privatpersonen dürfte dieser Aspekt nur bedingt von Interesse sein, zumal oftmals keine Möglichkeit besteht, seinen Niederlassungsort zu wechseln (z.B. infolge Abhängigkeit an einen Arbeitsplatz), so dass sich ein Wechsel nur bedingt lohnen würde. Diese Variable wird somit nicht in die Regression einbezogen, weil zum einen die theoretische Abhängigkeit nicht ganz ersichtlich ist und weil diese Variable zum anderen stark mit dem Steuerfuss korreliert, d.h. Steuerfuss und Steuerkraft erklären grundsätzlich das Gleiche.

Anteil am 2. Sektor (Industrieller Sektor)

Der Regressionskoeffizient sollte aufgrund negativer externer Effekte (Lärm- und Luftemissionen) negativ ausfallen. Der Korrelationskoeffizient beträgt für alle Jahre ungefähr $r=-0.35$, die Korrelation ist also eher schwach und diese Variable weist nur für einzelne Jahre eine Signifikanz auf. Parzellen in der unmittelbaren Umgebung von solchem produzierendem Gewerbe sollten aufgrund Lärm- und Luftemissionen etwas billiger gehandelt werden, eine Verallgemeinerung dieser Variable auf Gemeindeebene kann aber nicht gefunden werden. Der Grund hierfür dürfte sein, dass sich das produzierende Gewerbe im Allgemeinen nicht über die ganze Gemeinde erstreckt, sondern sich tendenziell in bestimmten Zonen konzentriert. Grundstücke in einiger Entfernung dürften solche Lärm und Luftemissionen kaum spüren. Die Grösse dieser Variable kann demnach keine verlässliche Aussage über die Höhe des Landpreises machen. Bei Einbezug dieser Variable in Zeitreihenmodell (vgl. Modelle im Anhang) weist diese Variable hingegen eine Signifikanz auf, was auf den grösseren Umfang der Beobachtungen zurückzuführen sein dürfte.

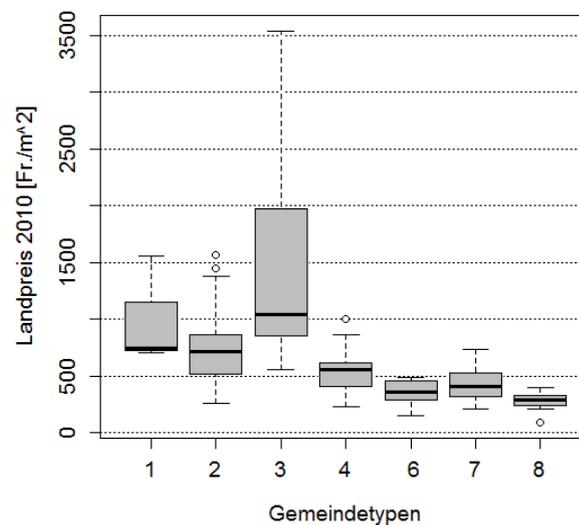
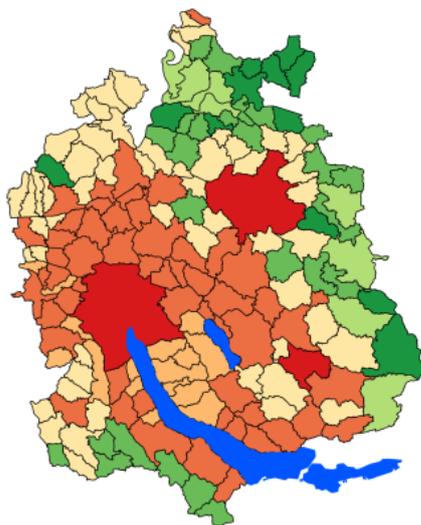
Kultur- und Freizeitaufwand

Ein gutes Kultur- sowie Freizeitangebot dürfte die Attraktivität von Ortschaften steigern. Die finanziellen Bemühungen einer Gemeinde, dieses Angebot zu erhalten oder sogar zu verbessern, sollten sich positiv im Landpreis manifestieren. Der ermittelte Korrelationskoeffizient beträgt $r=0.45$, es konnte aber keine statistische Signifikanz gefunden werden.

Gemeindetypen

Abbildung 20 macht die Verteilung der Gemeindetypen deutlich. Insbesondere bei den Gemeindetypen eins bis vier erwartet man relativ hohe Landpreise, bei den Typen sechs bis acht tendenziell tiefe Preise. Aus dem Scatterplot resultiert eine hohe Streuweite des Landpreises innerhalb eines Gemeindetyps, insbesondere für die einkommensstarken Gemeinden. Da diese Typen aufgrund von relativ groben Einteilungen entstanden sind, erstaunt dieser Sachverhalt grundsätzlich nicht. Da die Gemeindetypen eine Ordinalskala darstellen, kann diese Variable nur als Dummy-Variable (vgl. Kap. 3.3.5) behandelt werden (Backhaus et al., 2000). Hierbei ergeben sich zwei Probleme. Einerseits müssen so sieben weitere Variablen ins Modell eingebunden werden; hierfür sind aber fast zu wenige Beobachtungen vorhanden. Andererseits hat der Gemeindetyp „1“ nur gerade drei Beobachtungen, also eher zu wenig Datenpunkte für eine genaue Schätzung. Es wird kein Dummy für den Gemeindetyp „8“ eingeführt, da dieses als Basis gewählt wurde, d.h. die anderen Dummies machen eine Aussage darüber, wie gross der Unterschied zu diesem Gemeindetyp ist.

Abbildung 20 Gemeindetypologie – Landpreis 2010



Daten: Bundesamt für Statistik

Legende

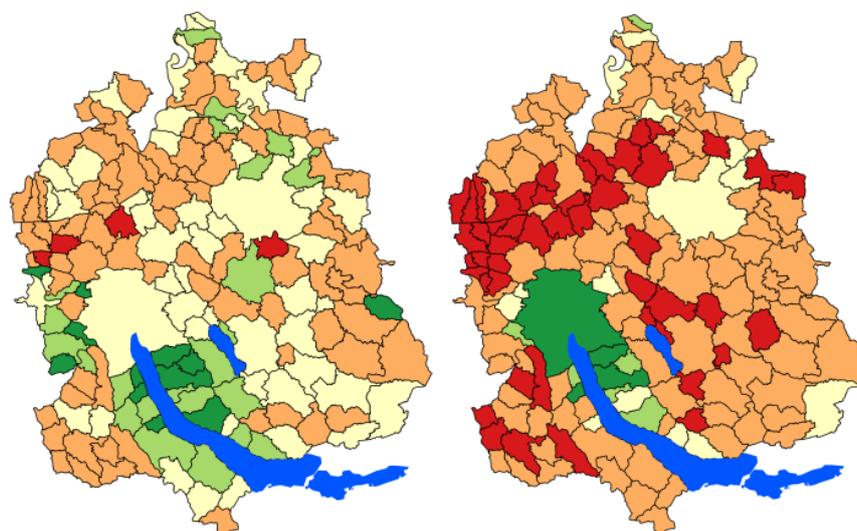
- | | |
|--|---|
| ■ 1 : Zentren | ■ 6 : Industrielle und tertiäre Gemeinden |
| ■ 2 : Suburbane Gemeinden | ■ 7 : Ländliche Pendlergemeinden |
| ■ 3 : Einkommensstarke Gemeinden | ■ 8 : Agrar-gemischte Gemeinden |
| ■ 4 : Periurbane Gemeinden | |

Anteil 65+ Jährige

Es zeigt sich, dass diese Variable positiv mit dem Landpreis korreliert: $r=0.54$ (2010), $r=0.56$ (2007), $r=0.52$ (2003) und $r=0.36$ (1998). Der theoretische Hintergrund, warum der Landpreis mit höherem Anteil von über 65 Jährigen steigt, erscheint aber fraglich. Ältere Menschen sind in der Regel vermögender und haben im Gegensatz zu Jüngeren eher die Möglichkeit, ein Grundstück zu erwerben. Bevorzugterweise wird gerade ein attraktives Grundstück erworben, welches stark der Sonne ausgesetzt ist, aber auch mit guter Seesicht und weiteren positiven Standortfaktoren ausgestattet ist. Dies könnte ein möglicher Grund sein, warum in Gemeinden mit höherem Landpreis tendenziell auch der Anteil der über 65 Jährigen hoch ist.

Das Regressionsmodell hat aber nicht die Analyse dieser Relation zur Aufgabe. Es soll vielmehr erklären, was den Landpreis ausmacht, und nicht, wer infolge des unterschiedlichen Landpreises sich an einem bestimmten Ort niederlässt. Die theoretische Abhängigkeit ist hier also nicht eindeutig, somit wird diese Variable nicht weiter untersucht.

Abbildung 21 Übersicht der Verteilung 65+ Jährige



Daten Statistisches Amt des Kantons Zürich

Verteilung 2010 (links), 1998 (rechts)

Legende: Anteil 65+ Jährige [%]



3.3.5 Modellanalyse

Im folgenden Kapitel werden mehrere Modelle zur Schätzung des Bodenpreises vorgestellt und interpretiert. Insbesondere werden verschiedene Varianten mit der jeweiligen unabhängigen Variable Erreichbarkeit - d.h. mit der standardisierten Erreichbarkeit MIV bzw. ÖV sowie mit den Hauptkomponenten - beschrieben. Der Landpreis wurde um die Teuerung auf dem Indexniveau von 1995 bereinigt. Damit soll sichergestellt werden, dass die Vergleichbarkeit des Landpreises und somit auch der Modelle über die Zeit gegeben ist, da der „effektive“ Landpreis geschätzt werden kann und nicht ein Landpreis, der etwas höher ist, weil Geld über die Jahre an Wert verloren hat. Tabelle 10 gibt eine Übersicht der verwendeten Variablen.

Bei folgenden Modellen werden die Erreichbarkeit MIV bzw. ÖV nur gesondert betrachtet, ein Modell, in welchem beide Erreichbarkeiten einbezogen werden, wird später erläutert (vgl. Tabelle 15 bis Tabelle 18). Es werden jeweils die standardisierten Erreichbarkeiten in die Modelle eingebunden, da sie die beste Basis bilden die einzelnen Jahre miteinander zu vergleichen. Modellschätzung mit Einbindung der standardisierten Erreichbarkeit ÖV kann für alle Jahre erfolgen, für MIV ist keine Analyse für das Jahr 1995 möglich, aufgrund fehlender Erreichbarkeit (vgl. Kap. 3.2.3).

Tabelle 10 Beschreibende Statistik zu den verwendeten Variablen

Jahr	Variable	Minimum	Maximum	Durchschnitt	Std. Abweichung
2010	Landpreis	94	3537	656.6	465.5
2007	Landpreis	175	1915	585.7	321.3
2003	Landpreis	124	2296	528.8	286.5
1998	Landpreis	160	1266	523.8	198.4
1995	Landpreis	190	1633	591.09	222.95
2010	St.(E_MIV)	-0.76	8.20	0	1
2007	St.(E_MIV)	-0.74	8.25	0	1
2003	St.(E_MIV)	-1.41	3.24	0	1
1998	St.(E_MIV)	-1.39	3.021	0	1
2010	St.(E_ÖV)	-0.43	11.24	0	1
2007	St.(E_ÖV)	-0.42	11.36	0	1
2003	St.(E_ÖV)	-0.33	11.68	0	1
1998	St.(E_ÖV)	-0.29	11.77	0	1
1995	St.(E_ÖV)	-0.27	12.05	0	1
2010	HK1	-0.83	13.75	0	1.35
2010	HK2	-2.15	1.74	0	0.41
2007	HK1	-0.82	13.87	0	1.36
2007	HK2	-2.20	1.87	0	0.40
2003	HK1	-1.23	10.35	0	1.24
2003	HK2	-6.16	1.53	0	0.68
1998	HK1	-1.19	10.51	0	1.22
1998	HK2	-6.14	1.74	0	0.72
2010	Steuerfuss	85	131	118.09	12.51
2007	Steuerfuss	85	131	118.09	12.52
2003	Steuerfuss	85	131	118.09	12.51
1998	Steuerfuss	85	131	118.18	12.45
1995	Steuerfuss	85	131	118.20	12.45
-	Sonnenindex	-6.12	5.49	-0.03	2.03
-	Seesicht	0	3595.04	308.93	647.47

Schätzung des Landpreises mit der Std. Erreichbarkeit ÖV

Tabelle 11 Modell 1: Landpreis ~ std. Erreichbarkeit ÖV

	2010		2007		2003		1998		1995	
	R.k. (Sig.)	St. R.k.								
Konstante	2487.14 (***)		1893.52 (***)		1702.69 (***)		1505.76 (***)		1566.89 (***)	
Std. ÖV	131.73 (***)	0.28	63.71 (***)	0.20	70.77 (***)	0.25	59.23 (***)	0.30	81.85 (***)	0.37
Steuerfuss	-17.38 (***)	-0.49	-12.42 (***)	-0.53	-11.15 (***)	-0.56	-8.42 (***)	-0.55	-8.41 (***)	-0.47
Sonnenindex	22.52 (n.s.)	0.10	14.45 (n.s.)	0.10	13.31 (n.s.)	0.10	13.71 (*)	0.14	14.46 (*)	0.13
Seesicht	0.17 (***)	0.24	0.17 (***)	0.34	0.13 (***)	0.28	0.05 (**)	0.17	0.06 (**)	0.17
R_{Korr}^2	0.4818		0.5841		0.5731		0.4988		0.4391	
F-Statistik	40.05		59.99		57.38		42.8		33.87	

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=169; Freiheitsgrade df=164

Das Bestimmtheitsmass R_{Korr}^2 ändert relativ stark über die Zeit. R_{Korr}^2 zeigt tendenziell eine Verbesserung über die Jahre, dies kann jedoch nicht für das Jahr 2010 beobachtet werden. Der Grund hierfür dürfte mit der Landpreisentwicklung im Jahr 2010 zusammenhängen (vgl. Kap.3.3.1). Im Jahr 2010 ist der Quadratmeterpreis in einigen Gemeinden aussergewöhnlich stark gestiegen, diese können kaum mit einem linearen Modell exakt geschätzt werden d.h., dass die Residuen für diese Beobachtungen relativ gross sind und dementsprechend das korrigierte Bestimmtheitsmass schlechter wird.

Es fällt auf, dass die Konstante ab dem Jahre 1998 ziemlich stark zunimmt, d.h. der Landpreis wird in Gemeinden, wo die Prädiktorvariablen jeweils den Wert Null annehmen – also Gemeinden mit mittlerer Erreichbarkeit, mittlerem Sonnenindex und ohne Seesicht – mit der Zeit teurer gehandelt. Der Regressionskoeffizient des Steuerfusses nimmt parallel zu der Konstante im Betrag zu. Da diese UV nicht den Wert Null annehmen kann, beträgt der geschätzte Landpreis für Gemeinden mit mittlerer Erreichbarkeit, mittlerem Sonnenindex und ohne Seesicht etwas weniger, als das die Konstante vermuten lässt. Die Zunahme der Konstante dürfte also darauf beruhen, dass einerseits die UV Steuerfuss einen höheren Koeffizienten hat und andererseits mit dem Landpreis im Allgemeinen, der eine eher steigende Tendenz aufweist.

Die Erklärungskraft, also der standardisierte Regressionskoeffizient, der Erreichbarkeit nimmt tendenziell über die Jahre ab, erfährt aber wieder eine Zunahme im Jahr 2010. Der Regressionskoeffizient nimmt indes relativ unterschiedliche Werte an; im Jahr 1995 bezahlt man gemäss Modell für eine Einheit Erreichbarkeit rund 82 Sfr. mehr pro Quadratmeter, im Jahr 2010 hingegen schon 132 Sfr. Im Kapitel zur Erreichbarkeit wurde aufgezeigt, dass diese Variable sehr unterschiedliche Werte annehmen (vgl. Kap.3.2.3). Demnach muss der Regressionskoeffizient unter Berücksichtigung des jeweiligen Wertebereichs der Erreichbarkeit interpretiert werden. Die Erreichbarkeit 2007/2010 nimmt zwar ähnlich Werte an, im Modell ist der Regressionskoeffizient aber rund doppelt so hoch. Also scheint gerade im Jahr 2010 die Erreichbarkeit stärker im Boden kapitalisiert zu sein. Dieser hohe Unterschied dürfte darauf beruhen, dass einerseits der Landpreis im Mittel um ca. 12% gestiegen ist, der Beitrag also rein anteilmässig etwas höher sein wird. Andererseits könnte das Pendeln mit dem öffentlichen Verkehr attraktiver geworden sein. Es fällt indes auf, dass auch der Regressionskoeffizient für die Erreichbarkeit MIV von 2007 zu 2010 eine Zunahme erfahren hat, wenn auch nicht so eine starke (vgl. Tabelle 12). Diese Begründung ist also eher zu verwerfen. Möglicherweise wird die Mobilität allgemein immer stärker im Boden kapitalisiert, d.h. man ist tendenziell bereit mehr für zentral liegenden Boden zu bezahlen.

Der Sonnenindex hat generell einen sehr kleinen Einfluss auf den Landpreis und ist teilweise statistisch nicht signifikant, dies dürfte mit dem gemittelten Sonnenindex zusammenhängen (vgl. Kap. 3.3.4). Der Regressionskoeffizient ist insbesondere für das Jahr 2010 relativ hoch. Parzellen mit viel Sonne wird mehr Wert zugeschrieben als bisher, d.h. der Sonnenindex ist stärker im Boden kapitalisiert. Der Regressionskoeffizient der UV Seesicht nimmt indes über die Jahre auch zu. Seesicht hat im letzten Jahrzehnt also tendenziell an Bedeutung gewonnen. Da Seesicht ein nicht vermehrbares Gut ist und somit immer knapper wird, dürften Käufer immer mehr bereit sein, dafür etwas tiefer in die Tasche zu greifen.

Die Erklärungskraft des Steuerfusses ist im Allgemeinen sehr hoch und vermag die Unterschiede im Landpreis am besten erklären. Der Steuerfuss scheint stark im Boden kapitalisiert zu sein, mit steigender Tendenz. Im Jahr 2010 macht der Regressionskoeffizient einen relativ hohen Sprung. Dies könnte mit der Personenfreizügigkeit im Jahr 2007 zusammenhängen (Beobachter, 2011), die einen erhöhten Druck im Bodenmarkt erzeugt hat. Vermögende Zuzüger aus dem Ausland dürften einem tiefen Steuerfuss grossen Wert zuschreiben und sich insbesondere in solchen (teuren) Gemeinden niederlassen. Jedoch gibt es kein Indiz dafür, dass finanzstarke Gemeinden - bzw. Gemeinden mit einem niedrigen Steuerfuss (vgl. Kap. 3.3.4) - hochqualifizierte Zuzüger anziehen (Perrez, 2011). Die Hypothese ist demnach zu verwerfen. Der Steuerwettbewerb unter den Gemeinden schlägt sich stärker im Bodenpreis nieder als bisher.

Schätzung des Landpreises mit der Std. Erreichbarkeit MIV

Tabelle 12 Modell 2: Landpreis ~ std. Erreichbarkeit MIV

	2010		2007		2003		1998	
	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.
Konstante	2145.67 (***)		1677.46 (***)		1540.04 (***)		1186.36 (***)	
Std. MIV	155.53 (***)	0.33	98.65 (***)	0.31	59.91 (***)	0.21	76.52 (***)	0.39
Steuerfuss	-14.28 (***)	-0.40	-10.47 (***)	-0.45	-9.70 (***)	-0.49	-5.78 (***)	-0.38
Sonnenindex	22.60 (n.s.)	0.10	16.38 (*)	0.10	13.66 (n.s.)	0.10	15.41 (**)	0.16
Seesicht	0.19 (***)	0.27	0.18 (***)	0.36	0.14 (***)	0.32	0.08 (***)	0.25
R_{Korr}^2	0.5052		0.6311		0.547		0.5265	
F-Statistik	43.88		72.86		51.71		47.71	

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=169; Freiheitsgrade df=164

Das Bestimmtheitsmass R_{Korr}^2 im Modell 2 ist generell etwas besser als im Modell 1 - mit Ausnahme von 2003 - zeigt jedoch über die Jahre ein ähnliches Muster. Demnach scheint die Erreichbarkeit MIV Unterschiede im Landpreis generell etwas besser zu erklären.

Auch die Schätzung mit der standardisierten Erreichbarkeit MIV lässt eine deutliche Erhöhung des konstanten Regressionskoeffizienten erkennen. Dieser Befund dürfte, wie beim Modell mit der standardisierten Erreichbarkeit ÖV zum einen an den tendenziell steigenden Landpreisen liegen und zum anderen auch daran, dass z.B. der Regressionskoeffizient des Steuerfusses stark zunimmt.

Die Erreichbarkeit MIV scheint sich generell etwas mehr im Boden zu manifestieren als die Erreichbarkeit ÖV. So ist man beispielsweise im Jahr 2010 für eine Einheit Erreichbarkeit MIV bereit, 155 Sfr. mehr pro Quadratmeter zu bezahlen; für die Erreichbarkeit ÖV hingegen nur 132 Sfr. Da sich die anderen Regressionskoeffizienten der Modelle 1 und 2 auch unterscheiden, ist aber ein direkter Vergleich mit Vorsicht zu geniessen. Erreichbarkeit MIV

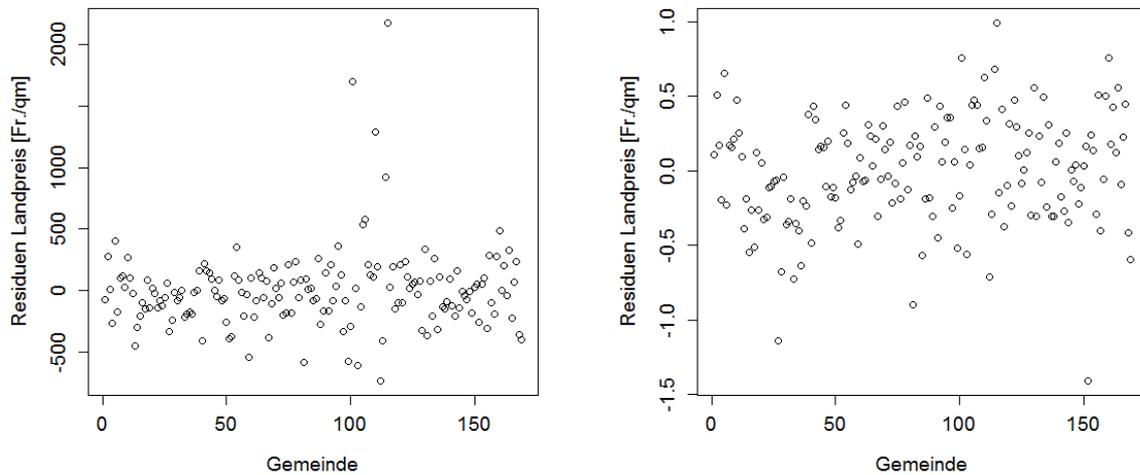
scheint demnach für Landkäufer wichtiger zu sein als die Erreichbarkeit ÖV, wobei der Regressionskoeffizient für das Jahr 2003 für ÖV höher ist. Dieser Sachverhalt ist demnach nicht für dieses Jahr übertragbar. Welche Erreichbarkeit Landkäufern wichtiger erscheint, wird auch durch Einfluss der HK2 ersichtlich; das dazugehörige Schätzmodell wird in Tabelle 15 und folgenden vorgestellt.

Steuerfuss, Sonnenindex und Seesicht zeigen eine sehr ähnliche Tendenz wie schon bei der Modell 2. Tendenziell steigen die Regressionskoeffizienten betragsmässig; diese Variablen werden also immer stärker im Boden kapitalisiert. Wobei der Steuerfuss den Landpreis am stärksten beeinflusst, d.h. der Steuerfuss leistet den grössten Erklärungsbeitrag im Bodenmarkt. Auch die Seesicht beeinflusst den Landpreis relativ stark; der Sonnenindex hingegen leistet auch in diesem Modell nur einen geringen Erklärungsbeitrag.

Schätzung mit logarithmierten Landpreisen

In diesen Modellen wird der Landpreis logarithmiert. Der Landpreis als AV wird dadurch etwas „geglättet“, d.h. extreme Ausreisser streuen nicht mehr so stark. Durch eine Logarithmierung kann das Problem der Heteroskedastizität, also wenn „die Streuung der Residuen in einer Reihe von Werte der prognostizierten abhängigen Variablen nicht konstant ist“ (Backhaus et al., S.38, 2000) entschärft werden. Abbildung 22 zeigt diesen Sachverhalt; im linken, nicht logarithmierten Plot der Residuen streuen einige Residuen sehr stark, beim rechten Plot mit $\ln(\text{Landpreis})$ ist dieser Sachverhalt nicht mehr so ausgeprägt.

Abbildung 22 Residuen der prognostizierten Werte für das Jahr 2010



Residuen der prognostizierte Werte des Landpreises 2010 (links), prognostizierte Werte des Ln(Landpreises) 2010 (rechts)

In den folgenden Modellen werden die Erreichbarkeiten MIV und ÖV gesondert betrachtet, es werden aber auch Modelle mit den Hauptkomponenten vorgestellt. Da die Erreichbarkeit MIV für das Jahr 1995 nicht vorliegt, werden Modelle mit den Hauptkomponenten nur ab dem Jahr 1998 geschätzt.

Tabelle 13 Modell 3 - Ln(Landpreis) ~ std. Erreichbarkeit ÖV

	2010		2007		2003		1998		1995	
	R.k. (Sig.)	St. R.k.								
Konstante	8.5688 (***)		8.1750 (***)		8.016 (***)		7.920 (***)		7.889 (***)	
Std. ÖV	0.1636 (***)	0.30	0.1102 (***)	0.23	0.1198 (***)	0.26	0.0962 (***)	0.27	0.0994 (***)	0.27
Steuerfuss	-0.0212 (***)	-0.52	-0.0181 (***)	-0.53	-0.0177 (***)	-0.55	-0.0148 (***)	-0.53	-0.0135 (***)	-0.46
Sonnenindex	0.0227 (n.s.)	0.09	0.0204 (n.s.)	0.09	0.0143 (n.s.)	0.06	0.0236 (*)	0.13	0.0178 (n.s.)	0.10
Seesicht	0.0002 (***)	0.24	0.0002 (***)	0.29	0.0002 (***)	0.28	0.0001 (**)	0.17	0.0001 (*)	0.15
R ² _{Korr}	0.5271		0.534		0.5583		0.453		0.3512	
F-Statistik	47.82		49.13		54.09		35.78		23.73	

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=169; Freiheitsgrade df=164

Tabelle 14 Modell 4: Ln(Landpreis) ~ std. Erreichbarkeit MIV

	2010		2007		2003		1998	
	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.
Konstante	8.120 (***)		7.826 (***)		7.502 (***)		7.254 (***)	
Std. MIV	0.20 (***)	0.38	0.1595 (***)	0.34	0.1683 (***)	0.36	0.1569 (***)	0.43
Steuerfuss	-0.0171 (***)	-0.42	-0.0150 (***)	-0.44	-0.0131 (***)	-0.41	-0.0093 (***)	-0.34
Sonnenindex	0.0232 (n.s.)	0.09	0.0232 (n.s.)	0.10	0.0188 (n.s.)	0.08	0.0281 (**)	0.16
Seesicht	0.0002 (***)	0.27	0.0002 (***)	0.30	0.0002 (***)	0.35	0.0001 (***)	0.26
R^2_{Korr}	0.5669		0.5848		0.599		0.5315	
F-Statistik	55.97		60.16		63.73		48.65	

Signifikanzniveau: 0 <'***' < 0.001 <'**' < 0.01 <'*' < 0.05 < n.s.
n=169; Freiheitsgrade df=164

Die Modelle mit logarithmiertem Landpreisen können in der Regel mehr der Unterschiede im Landpreis erklären, d.h. R_{Korr}^2 ist generell etwas grösser. Jedoch keine Regel ohne Ausnahme, denn der Effekte kann insbesondere für das Jahr 2007 nicht beobachtet werden. Allgemein ist aber eine Skalierung des Landpreises angebracht, da das R_{Korr}^2 tendenziell etwas besser wird. Auf die Interpretation der einzelnen Koeffizienten wird jedoch verzichtet, da es im Allgemeinen eine Wiederholung der Interpretation des Modells 1 wäre. Um den realen Landpreis zu erhalten – und nicht den logarithmierten -, müsste man eine entsprechende Rücktransformation machen.

Vergleicht man die standardisierten Regressionskoeffizienten der UV der Modelle 1 bis 4, so zeigt sich, dass diese generell sehr ähnliche Werte annehmen, d.h. die Erklärungskraft der UV ist für beide Modelle in etwa identisch. Dieser Belang ist nicht wirklich erstaunlich, denn schliesslich sollte sich die Erklärungskraft einer Variable nicht signifikant verändern, nur aufgrund einer Skalierung der AV. Der Modellvergleich bestätigt diese Hypothese.

Tabelle 15 Modell 5: Ln(Landpreis) ~ Hauptkomponenten

	2010		2007		2003		1998	
	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.	R.k. (Sig.)	St. R.k.
Konstante	8.095 (***)		7.681 (***)		7.580 (***)		7.329 (***)	
HK1	0.1419 (***)	0.36	0.1072 (***)	0.31	0.1327 (***)	0.35	0.1203 (***)	0.41
HK2	0.1621 (*)	0.12	0.2254 (***)	0.19	0.0595 (n.s.)	0.09	0.0733 (*)	0.15
Steuerfuss	-0.0169 (***)	-0.41	-0.0137 (***)	- 0.40	0.0138 (***)	-0.43	-0.0099 (***)	-0.36
Sonnenindex	0.0231 (n.s.)	0.09	0.0228 (n.s.)	0.10	0.0193 (n.s.)	0.08	0.0283 (**)	0.16
Seesicht	0.0002 (***)	0.27	0.0002 (***)	0.31	0.0002 (***)	0.34	0.0001 (***)	0.25
R ² _{Korr}	0.5644		0.5904		0.6053		0.5350	
F-Statistik	44.54		49.44		52.52		39.66	

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=169; Freiheitsgrade df=163

Die HK1 hat für alle Jahre einen positiven Regressionskoeffizienten, d.h. dass Land teurer gehandelt wird, je grösser die Erreichbarkeit allgemein und je ähnlicher die Erreichbarkeit ÖV zu MIV ist. Interessant ist die Tatsache, dass die HK2 für alle Jahre einen positiven Wert annimmt. Im Kapitel 3.3.3 wurde erläutert, dass dies bedeuten würde, dass die Erreichbarkeit MIV stärker im Boden kapitalisiert ist als die Erreichbarkeit ÖV. Landkäufer sind also bereit, in Gemeinden, die tendenziell besser mit MIV erreicht werden können, mehr pro Quadratmeter zu bezahlen als für Land in einer vergleichbaren Gemeinde, die besser durch den öffentlichen Verkehr erschlossen ist. Dies bestätigt die Aussage von Moser (2008a), dass das Auto immer noch das wichtigste Verkehrsmittel der Zürcher Bevölkerung darstellt und dementsprechend gute Erreichbarkeit MIV Landkäufer wichtiger erscheint. Dennoch erklärt HK1 wesentlich mehr Unterschiede im Landpreis als HK2. Das heisst, dass gute Erreichbarkeit im Allgemeinen mehr Varianz aufklären kann, als Unterschiede in der Erreichbarkeiten MIV zu ÖV.

Zeitreihenanalyse

Einleitung

In diesen Modellen werden alle Beobachtungen der verschiedenen Jahre in eine Regressionsanalyse eingebunden. Damit kann die zeitliche Landpreisentwicklung modelliert und beschrieben werden. Dabei wird von einer linearen Regression ausgegangen, d.h., die abhängige Variable und die unabhängigen Variablen stehen stets in einem konstanten Verhältnis zueinander (Backhaus et al., 2000). Die Periode der Preiserhebung wird durch sogenannte Zeit-Dummy-Variablen berücksichtigt; diese nehmen den Wert von Eins an, falls ein Landpreis für jenes Jahr aufgeführt ist, ansonsten den Wert Null. Für das jeweilige Ausgangsjahr wird keine Zeit-Dummy-Variable eingeführt, da von diesem Basisjahr ausgehend die Preisänderungen untersucht werden sollen (Frei, 2005). Der Einfluss des Ausgangsjahres wird über die Konstante des gesamten Modells abgebildet. Die Zeit-Dummy-Variablen fließen folglich mit einem konstanten Wert in das Modell ein, da diese nur den Wert 0 oder 1 annehmen. Der Regressionskoeffizient der Zeitvariablen beinhaltet Preisänderungen, die nicht durch Veränderung der restlichen Variablen beschrieben werden können (Frei, 2005).

Modellschätzungen

Bei Einbezug beider Erreichbarkeiten kann indes nur noch ein Modell ab dem Jahr 1998 geschätzt werden, aufgrund fehlender Erreichbarkeit MIV 1995.

Tabelle 16 Modell 6: Zeiteihenmodell; Landpreis ~ Hauptkomponenten

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient (Signifikanz)	Std. Regressionskoeffizient	Std. Error
Konstante	1719.43 (***)		97.22
HK1	75.28 (***)	0.29	7.19
HK2	25.62 (n.s.)	0.04	17.05
Steuerfuss	-10.47 (***)	-0.44	0.79
Sonnenindex	17.80 (***)	0.11	4.55
Seesicht	0.15 (***)	0.28	0.02
Jahr 2010	26.66 (n.s.)	0.03	26.53
Jahr 2007	-32.81 (n.s.)	-0.04	26.28
Jahr 2003	-97.78 (***)	-0.013	26.45
Jahr 1998	-	-	-
R ² _{Korr}	0.5205		
F-Statistik	92.59		

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=676; Freiheitsgrade df=667

Tabelle 17 Modell 7: Zeitenreihenmodell; Ln(Landpreis) ~ Hauptkomponenten

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient (Signifikanz)	Std. Regressionskoeffizient	Std. Error
Konstante	6.772 (***)		1.537e-01
HK1	0.0859 (***)	0.24	1.092e-02
HK2	0.0419 (*)	0.06	2.365e-02
Steuerfuss	-0.0086 (***)	-0.26	1.150e-03
Sonnenindex	0.0209 (***)	0.09	5.519e-03
Seesicht	0.0002 (***)	0.23	1.966e-05
Gemeindetyp 1	0.5614 (***)	0.16	1.102e-01
Gemeindetyp 2	0.4692 (***)	0.47	5.287e-02
Gemeindetyp 3	0.7295 (***)	0.46	7.096e-02
Gemeindetyp 4	0.4089 (***)	0.41	4.787e-02
Gemeindetyp 6	0.1902 (**)	0.09	6.506e-02
Gemeindetyp 7	0.2401 (***)	0.18	5.130e-02
Gemeindetyp 8	-	-	-
Jahr 2010	0.0444 (n.s.)	0.04	3.258e-02
Jahr 2007	-0.0194 (n.s.)	-0.02	3.216e-02
Jahr 2003	-0.1221 (***)	-0.11	3.245e-02
Jahr 1998	-	-	-
R ² _{Korr}	0.6406		
F-Statistik	86.92		

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=676; Freiheitsgrade df=661

Tabelle 18 Modell 8: Zeiteihenmodell; Landpreis ~ Hauptkomponenten

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient (Signifikanz)	Std. Regressionskoeffizient	Std. Error
Konstante	986.87 (***)		
HK1	63.55 (***)	0.24	118.76
HK2	11.02 (n.s.)	0.02	8.44
Steuerfuss	-5.38 (***)	-0.23	0.89
Sonnenindex	14.24 (***)	0.09	4.27
Seesicht	0.12 (***)	0.24	0.02
Gemeindetyp 1	155.33 (n.s.)	0.06	85.13
Gemeindetyp 2	129.09 (**)	0.18	40.86
Gemeindetyp 3	491.06 (***)	0.43	54.84
Gemeindetyp 4	116.35 (**)	0.16	37.00
Gemeindetyp 6	50.74 (n.s.)	0.03	50.28
Gemeindetyp 7	53.89 (n.s.)	0.06	39.64
Gemeindetyp 8	-	-	-
Jahr 2010	78.20 (**)	0.10	25.18
Jahr 2007	13.20 (n.s.)	0.02	24.85
Jahr 2003	-47.87 (n.s.)	-0.06	25.08
Jahr 1998	-	-	-
R ² _{Korr}	0.5855		
F-Statistik	69.12		

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=676; Freiheitsgrade df=661

Modellvergleich

Der Vergleich Modelle 7 und 8 zeigt, dass mit der Logarithmierung des Landpreises das Bestimmtheitsmass R_{Korr}^2 zunimmt. Das heisst, dass durch eine Logarithmierung des Landpreises mehr Varianz erklären werden kann, was auch schon bei den vorherigen Modellschätzungen beobachtet werden konnte (vgl. Tabelle 11 bis Tabelle 15). Auch die F-Statistik zeigt einen grösseren Wert bei Verwendung des logarithmierten Landpreises, d.h. die Signifikanz des Gesamtmodells zeigt eine Verbesserung. Interessant ist auch der Wert der Zeit-Dummy-Variable, dieser zeigt für eine Modellschätzung mit dem logarithmierten Landpreis einen negativen Wert; ohne Logarithmierung hingegen einen positiven.

Interpretation Modell 8

Interpretation der Zeit-Dummy-Variablen

Im 2003 wird durch das Modell ein zu hoher Landpreis geschätzt, welcher durch die Konstante bereinigt wird. Im Prinzip wird die Regressionsgerade etwas nach unten verschoben; somit liegen beispielsweise die geschätzten Werte, bei sonst gleichbleibenden UV, für das Jahr 2003 -48 Fr./m^2 unter dem Basisjahr. In den Jahren 2007 und 2010 wird der effektive Landpreis durch das Modell unterschätzt. Geometrisch betrachtet bedeutet dies, dass die beobachteten Landpreise tendenziell unter der geschätzten Regressionsgeraden zu liegen kommen und durch die Konstante nach oben verschoben werden. Die Zeitdummies machen demnach eine Aussage, ob der Landpreis höher oder tiefer ist, verglichen mit dem Basisjahr. 2003 wird der Landpreis durch die Variablen also etwas zu hoch geschätzt. Aus dem Vorzeichen der Zeit-Dummy-Variablen kann man ableiten, dass die UV für 2003 zu stark im Boden kapitalisiert sind; für 2007 und 2010 hingegen zu schwach.

Der negative Wert der Zeit-Dummy-Variable 1998 dürfte auf die Dotcom-Krise von 2000 zurückgeführt werden, die sich auch im Bodenmarkt bemerkbar machte. Die positive Koeffizienten der Zeit-Dummy-Variable 2007 und 2010 deuten darauf hin, dass der Quadratmeterpreis generell wieder gestiegen ist verglichen mit den vorherigen Jahren. Im Jahr 2007 scheint sich der Bodenmarkt demnach wieder von der Dotcom-Krise erholt zu haben; der Landpreis 2007 ist nun wieder einem höheren Niveau als 1998. Die US-Immobilienkrise von 2007 scheint den Bodenpreis 2010 nicht spürbar beeinflusst zu haben.

Interpretation der Hauptkomponenten der Erreichbarkeit

HK1 hat einen wesentlichen grösseren Beitrag als die HK2. Demnach scheint sich die Ähnlichkeit der Erreichbarkeit – repräsentiert durch die HK1 – positiv im Landpreis zu manifestieren. Je besser und ähnlicher eine Gemeinde durch den öffentlichen als auch durch den privaten Individualverkehr erreichbar ist, desto höher ist tendenziell der Landpreis. HK2 weist auch einen positiven Beitrag auf, wonach Land umso teurer ist, je besser die Erreichbarkeit MIV gegenüber der Erreichbarkeit ÖV ist. Käufer von Land sind demnach bereit, etwas mehr für gute Erreichbarkeit MIV zu bezahlen als für vergleichbares Land, das besser durch den ÖV erschlossen ist.

Interpretation der restlichen unabhängigen Variablen

Zunahme des Steuerfusses um eine Einheit macht den Quadratmeterpreis rund 5 Sfr. billiger. Bei einem maximalen Steuerfuss von 131% ist Land demnach um rund 230 Sfr. billiger als bei einem minimalen Steuerfuss von 85% einer sonst vergleichbaren Parzelle. Land in der Gemeinde mit maximaler Seesicht (Horgen) mit rund 3600 ha, wird 432 Sfr. teurer gehandelt als Land in Gemeinden ohne Seesicht. Für einen maximalen Sonnenindex wird Land rund 165 Sfr. teurer, als Land mit einem minimalen Sonnenindex.

Die konstanten Koeffizienten der Gemeindetypen sind erwartungsgemäss alle positiv, da Gemeindetyp 8 (vgl. Abbildung 20) den tiefsten Landpreis aufweist. Der Landpreis in einkommensstarken Gemeinden (Gemeindetyp 3) wird rund 491 Sfr. teurer gehandelt, als in agrar-gemischten Gemeinden (Gemeindetyp 8). Die Dummy-Variable „Gemeindetyp 3“ erklärt einen sehr grossen Anteil der Unterschiede im Landpreis. Durch Einbezug der Gemeindetypen ändert sich der Einfluss des Steuerfusses relativ stark. Der Steuerfuss kann nicht mehr so viel Varianz im Landpreis erklären, wie das im Modell 6 der Fall war (vgl. Tabelle 16). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Gemeindetypen bereits schon eine Aussage zum Steuerfuss bzw. Steuerkraft einer Gemeinde machen (vgl. 2.2.11) und somit die Variable Steuerfuss stark beeinflusst.

4 Diskussion

4.1 Entwicklung des Landpreises

Der Landpreis im Kanton Zürich zeigt sehr unterschiedliche Entwicklungen. Einerseits stagniert der Landpreis in den meisten Gemeinden, andererseits hat der Preis pro Quadratmeter im letzten Jahrzehnt in einigen Gemeinden stark zugenommen. Diese starke Zunahme beschränkt sich im wesentlichen auf Gemeinden rund um den Zürichsee, die besonders begehrt zu sein scheinen. Im Jahr 2010 ist der Preis pro Quadratmeter im Maximum rund doppelt so teuer wie das Maximum in 1995. Die Modellschätzung bestätigten die Ergebnisse der ZKB Studie; Prädiktorvariablen wie Erreichbarkeit, Steuerfuss, Seesicht und Sonnenindex werden im Boden kapitalisiert und sind ausschlaggebend für den höheren Landpreis in diesen Gemeinden. Der Landpreis scheint hingegen nicht durch den Druck im Wohnungs- und Bodenmarkt beeinflusst zu werden. Auch scheint die auf das Siedlungsgebiet bezogene Bevölkerungsdichte keinen signifikanten Einfluss zu haben.

Wird der Landpreis in diesen Gemeinden in den nächsten Jahren noch zunehmen oder hat er eine obere Grenze erreicht? Die Modellschätzungen sprechen zwar für einen steigenden Trend – vergleiche hierzu die Werte der Zeit-Dummy-Variablen in Tabelle 16 bis Tabelle 18 – jedoch dürfte der maximale Bodenpreis für den Augenblick erreicht sein. Die maximalen Preise dürften etwas stagnieren, dafür dürfte es eine Verschiebung im Bodenmarkt geben, d.h. zuerst steigen die Quadratmeterpreise rund um den Zürichsee in vergleichbarer Weise bis die maximalen Werte wieder zunehmen.

4.2 Erreichbarkeit

Die Resultate (vgl. Kap. 3.2.3) machen deutlich, dass die Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr über die Zeit zugenommen hat. Gute Erreichbarkeit beschränkt sich nicht mehr nur auf Gemeinden rund um Zürich, sondern der ganze Kanton kann deutlich besser erreicht werden. Die Erreichbarkeit des motorisierten Individualverkehrs zeigt hingegen eine gegenläufige Tendenz. Die Erreichbarkeit MIV hat eine starke Abnahme erfahren, ist aber dennoch deutlich höher als die Erreichbarkeit ÖV. Die Entwicklung der Erreichbarkeit MIV widerspricht der Erwartung, dass die Erreichbarkeit in den letzten Jahrzehnten generell zugenommen hat.

Zudem zeigen die Vergleiche der verschiedenen Jahre, dass die Erreichbarkeit – insbesondere für MIV - teilweise extreme Sprünge macht. Diese sind wohl eher auf die verwendeten Verkehrsmodelle zurückzuführen, als auf eine reale Entwicklung im Verkehrsnetz. Das verwendete Datenmaterial zeigt keineswegs einen konsistenten Aufbau; es sollte eine genauere Überprüfung dieser Daten erfolgen. Für die reale Entwicklung der Erreichbarkeit seit 1995 sollte demnach die Reisezeiten angepasst werden.

4.3 Schätzmodelle

In dieser Arbeit wurde der Einfluss verschiedener Prädiktoren auf den Landpreis im Kanton Zürich untersucht. Die Analysen belegen, dass der Steuerfuss, die Erreichbarkeit, der Sonnenindex und die Seesicht im Boden kapitalisiert werden. Die Prädiktoren werden zwar je nach Jahr jeweils unterschiedlich stark im Boden kapitalisiert, dennoch lässt sich generell ein Trend abzeichnen, dass diese Variablen den Landpreis immer stärker bestimmen. Interessant ist dabei die Tatsache, dass der Erreichbarkeit MIV einen höheren Wert zugeschrieben wird als der Erreichbarkeit ÖV.

Das Zeitreihenmodell vermag rund 59% der Unterschiede im Bodenpreis zu erklären, mit einer Logarithmierung des Landpreises sogar 64%. Die Zürcher Kantonalbank (2008) konnte hingegen 60% der Varianz im Landpreis erklären und mit Einbezug der Parzellengrösse sogar 80%. In vorliegender Arbeit wurde aber eine Schätzung des Landpreises auf Gemeindeebene vorgenommen, die Zürcher Kantonalbank (2008) schätzte hingegen einzelne Parzellen, dies impliziert, dass diese Studie mehr Beobachtungen hatte und somit auch mehr Variablen in das Modell einbinden konnte. Das gefundene hedonische Preismodell auf Gemeindeebene macht aber schon valide Aussagen zum Landpreis und stellt sich als brauchbar heraus.

Das Zeitreihenmodell, bei welchem alle Beobachtungen über die Zeit eingebunden werden, überschätzt den Landpreis für die Jahre 2003, unterschätzt aber den Landpreis für das Jahr 2007 und 2010. Diese Über- und Unterschätzen wird durch die Konstanten der Jahre (Zeit-Dummy-Variablen) korrigiert. Daraus kann man schliessen, dass die unabhängigen Variablen für 2003 zu stark im Boden kapitalisiert werden, für 2007 und 2010 hingegen etwas zu schwach. Auch lassen sich aus den Werten der Zeit-Dummy-Variablen Rückschlüsse auf den Bodenmarkt an sich machen. So scheint beispielsweise die Dotcom-Krise von 2000 deutliche Spuren im Bodenmarkt hinterlassen zu haben, welche auch noch im Jahr 2003 beobachtet werden können. Die Immobilien-Krise von 2007 scheint sich hingegen im Bodenmarkt nicht bemerkbar gemacht zu haben.

5 Forschungsausblick

Für weitere Forschungsarbeiten in dieser Thematik, dürfte sich ein Modell bewähren, welches einzelne Parzellen schätzt. Eine solche Analyse dürfte die Regression deutlich genauer schätzen, d.h. mehr Varianz im Landpreis aufgeklärt werden kann. Zudem könnten auch Variablen eingebunden werden, die Parzellen hinsichtlich der Mikrolage beschreiben. Hier sei auf die Publikation der Zürcher Kantonalbank (2008) verwiesen.

Die Analysen haben ergeben, dass die Erreichbarkeit des motorisierten Individualverkehrs im Bodenmarkt bedeutender ist, als die Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs. Interessant wäre hier eine quantitative Befragung von Personen im Raum Zürich, um so zu verifizieren, ob diesem Transportsystem im Bodenmarkt tatsächlich mehr Wert zugeschrieben wird.

Die Reisezeiten der verschiedenen Jahre sollte zudem auf ihre Plausibilität überprüft und gegeben falls angepasst werden, um so die reale Entwicklung der Erreichbarkeiten abbilden zu können.

6 Literatur

- Artin Michael (1991)
Algebra
- Axhausen, K.W. (2004)
Märkte und Erreichbarkeiten, CUREM Modul Verkehrsplanung, Zürich, April 2005
- Axhausen, K.W. (2010a)
Wo entstehen die Nutzen und die Kosten, Verkehrssysteme, Zürich, September 2010
- Axhausen, K.W. (2010b)
Grundmodell des Verkehrsverhaltens, Verkehrssysteme, Zürich, September 2010.
- Backhaus Klaus, Erichson Bernd, Plinke Wulff, Weiber Rolf (2000).
Multivariate Analyseverfahren. Eine anwendungsorientierte Einführung.
- Beobachter.ch (2011)
http://www.beobachter.ch/justiz-behoerde/auslaender/artikel/zuwanderung_personenfreizuegigkeit-was-heisst-das/
aktualisiert am 20.Mai 2011
- Bortz J. und Schuster C. (2010)
Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Lehrbuch mit Online-Materialien
- Böker F. (2010)
Analyse mehrdimensionaler Daten, Institut für Statistik und Ökonometrie, Uni Göttingen
<http://www.statoek.wiso.uni-goettingen.de/veranstaltungen/Multivariate/Daten/>
- Bucher H. (2008)
Statistisches Amt des Kantons Zürich, Personenfreizügigkeit veränderte Zuwanderung in den Kanton Zürich
- Bundesamt für Statistik (2008)
Betriebszählung
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/06/02/blank/key/01/2_sektor.html
- Bundesamt für Statistik (2012)
Definitionen, 3 Arbeit und Erwerb
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/11/def.html>
- Bundesamt für Statistik (2013)
Medienmitteilung, 11 Mobilität und Verkehr
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/22/press.html>
- Finanzdepartement der Stadt Zürich, Stand Juni, 2013
<http://www.stadt-zuerich.ch/content/fd/de/index/steuern/steuerfuss.html>

- Fotheringham A. (2009)
The SAGE handbook of spatial analysis
- Fröhlich, Ph., M. Tschopp und K.W. Axhausen (2005)
Netzmodelle und Erreichbarkeit in der Schweiz: 1950-2000, in K.W. Axhausen und L. Hurni (Hrsg.) Zeitkarten Schweiz 1950 - 2000, Kapitel 2, IVT, ETH Zürich, Zürich
- Frei, A. (2005)
Was hätte man 1960 für einen Sharan bezahlt? Diplomarbeit, IVT ETH Zürich, Zürich
- Fröhlich, Ph., M. Tschopp und K.W. Axhausen (2005)
Netzmodelle und Erreichbarkeit in der Schweiz: 1950 - 2000, in K.W. Axhausen und L.Hurni (eds.) Zeitkarten Schweiz 1950 – 2000, chapter 2, IVT, ETH Zürich, Zürich
- Fuhrer, R. (2012)
A Hedonic Rental Price Model for the Canton Zurich, *Master of Science*, Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zurich, Zurich.
- IBC BAK International Benchmark Club (2003)
Die Erreichbarkeit von Regionen. IBC Modul Erreichbarkeit Schlussbericht Phase 1
- Keller P. und R. Steinmetz (2003)
Verkehr und Erreichbarkeit von Stadtland Schweiz, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **145**, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH, Zürich
- Löchl M. (2007)
Considering spatial dependence in hedonic rent price regression. IVT/ETH
- Moser P. (2008a)
Öffentliche oder private Mobilität; Die Verkehrsmittelwahl der Zürcher Bevölkerung im Spiegel des Mirkozensus Verkehr 2005
- Moser P. (2008b)
Statistisches Amt des Kantons Zürich, Bodenpreis für die Zürcher Gemeinden
- NZZ (2012)
Situation bleibt angespannt
<http://www.nzz.ch/aktuell/schweiz/situation-bleibt-angespannt-1.17572672>
- Perrez Josef, Statistisches Amt des Kantons Zürichs (2011)
Zuwanderung und Gemeindefinanzen
- Rey Urs, Statistisches Amt des Kantons Zürichs (2011)
Zentrale Lagen begehrt. Die Bodenpreis-Statistik des Kantons Zürich im Jahr 2010
- Schendera, CFG (2004)
Datenmanagement und Datenanalyse mit dem SAS System: Vom Einsteiger zum Profi
- Zürcher Kantonalbank, Statistisches Amt des Kantons Zürichs (2008)
Wertvoller Boden. Die Funktionsweise des Bodenmarktes im Kanton Zürich

ZVV (2010)

Eine kleine Geschichte der S-Bahn Zürich

http://www.zvv.ch/opencms/export/sites/default/common-images/content-image-gallery/unternehmen-pdfs/Kleine_Geschichte_S-Bahn_ZH.pdf

A 1 Zeitreihenmodell: weitere Resultate

Tabelle 19 Modell 9: Zeitreihenmodell; Ln(Landpreis) ~ Hauptkomponenten

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient (Signifikanz)	Std. Regressionskoeffizient	Std. Error
Konstante	7.819 (***)		0.126
HK1	0.1142 (***)	0.32	0.010
HK2	0.0928 (***)	0.11	0.021
Steuerfuss	-0.0131 (***)	-0.40	0.001
Sonnenindex	0.0241 (***)	0.10	0.006
Seesicht	0.0002 (***)	0.28	0.000
Anteil 2.Sektor	-0.0034 (***)	-0.13	0.001
Jahr 2010	-0.0083 (n.s.)	-0.01	0.034
Jahr 2007	-0.1481 (n.s.)	-0.14	0.040
Jahr 2003	-0.1736 (***)	-0.16	0.034
Jahr 1998	--	--	--
R ² _{Korr}	0.5819		
F-Statistik	105.4		

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=676; Freiheitsgrade df=666

Tabelle 20 Modell 10: Zeitreihenmodell; Landpreis ~ HK

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient (Signifikanz)	Std. Regressionskoeffizient	Std. Error
Konstante	1730.00 (***)		96.82
HK1	69.95 (***)	0.26	7.41
HK2	26.36 (n.s.)	0.04	16.97
Steuerfuss	-9.97 (***)	-0.42	081
Sonnenindex	17.79 (***)	0.11	4.53
Seesicht	-1.82 (***)	0.28	0.02
Anteil 2.Sektor	-11.82 (*)	-0.08	0.66
Jahr 2010	27.67 (n.s.)	0.04	26.40
Jahr 2007	-32.35 (n.s.)	-0.04	26.15
Jahr 2003	-95.96 (***)	-0.13	26.32
Basisjahr 1998	-	-	-
R ² _{Korr}	0.5252		
F-Statistik	83.95		

Signifikanzniveau: 0 < '***' < 0.001 < '**' < 0.01 < '*' < 0.05 < n.s.
n=676; Freiheitsgrade df=666