



Peter Moser
Statistisches Amt des Kantons Zürich

Bodenpreise für die Zürcher Gemeinden

Ein Mehrebenenmodell der kommunalen Bodenpreise
1974–2006

Zusammenfassung

Die Zürcher Handänderungsstatistik gibt Auskunft über die Entwicklung der Preise für Wohnbauland im Kanton. Weniger geeignet ist sie aber für jene Nutzer, die sich über den Bodenpreis in einer bestimmten Gemeinde in einem bestimmten Jahr informieren wollen, da die Zahl der Transaktionen auf dieser Detaillierungsebene oft zu gering ist. Das Zürcher Bodenpreismodell soll hier Abhilfe schaffen. Basierend auf der Hypothese, dass die kommunalen Preise langfristig mit der gesamtkantonalen Preisentwicklung, der Zentrumsdistanz und der Steuerbelastung zusammenhängen, wird auf der Datengrundlage der etwa 50000 Transaktionen der Jahre 1974–2006 ein statistisches Modell geschätzt, mit dessen Hilfe sich plausible Schätzwerte für alle Gemeinden und alle Jahre erzeugen lassen. Die Schätzwerte sind unter www.statistik.zh.ch abrufbar.

[english abstract](#)

Seite 13

Wozu ein Bodenpreismodell?

Die statistische Erfassung der Bodenpreise und ihrer Entwicklung hat im Kanton Zürich eine lange und für die Schweiz einzigartige Tradition. Seit 1885 werden auf der Basis der notariellen Handänderungsanzeigen die Fläche und die Preise gehandelter Immobilien erfasst, und seit 1974 sind diese Daten elektronisch verfügbar. Im Zentrum des Interesses stehen dabei die Preise für unbebautes erschlossenes Wohnbauland. Denn während es bei den Liegenschaften auch andere Quellen gibt wie z.B. die Daten, welche die Banken im Rahmen ihres Hypothekargeschäfts erheben, ist bei den Bodenpreisen die Datenlage spärlich. Der für die Schweiz einzigartige Datensatz der Zürcher Bodenpreisstatistik mit seinem langen Zeithorizont ist deshalb eine wichtige Quelle für wissenschaftliche Analysen des Bodenmarktgeschehens.¹

Die Bodenpreisstatistik dient aber nicht nur den Fachleuten als Quelle; sie interessiert auch ein breites Publikum – wie u. a. die Suchstatistik auf der Website des Statistischen Amtes belegt. Die Daten dienen als Anhaltspunkt bei Schätzungen im Zusammenhang mit Erbteilungen, zur Bestimmung von Grundstücksgewinnsteuern etc. Oft wird dabei nach «dem Quadratmeterpreis von Wohnbauland» zu einem bestimmten Zeitpunkt in einer bestimmten Gemeinde gefragt, d.h. nach einem repräsentativen kommunalem Bodenpreis.

Ungleichmässige Informationsdichte...

Gerade hinsichtlich dieses Zwecks sind die Daten der Bodenpreisstatistik aber nur beschränkt brauchbar. Von 1974 bis 2006 sind zwar nicht weniger als 50 000 Handänderungen erfasst, die Freihandverkäufe unbebauten erschlossenen Wohnbaulands betreffen. Im Durchschnitt pro Gemeinde und Jahr wären das etwa 10, also knapp genügend um einen repräsentativen Mittelwert zu berechnen. In Wirklichkeit verteilen sich die Transaktionen aber sehr ungleichmässig über die Zeit und die Gemeinden. Die unterschiedliche flächenmässige Ausdehnung der Gemeinden ist ein Grund dafür: In kleinen Gemeinden mit wenig unüberbautem Wohnbauland werden Grundstücke seltener gehandelt als in grossen. Fast noch wichtiger ist aber, dass der Bodenmarkt im Kanton Zürich volumenmässig durch einen Bruch in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre gekennzeichnet ist. Grafik 1 zeigt, dass sich damals das Preisniveau innert weniger Jahre verdoppelte und sich gleichzeitig die Zahl der jährlichen Transaktionen erheblich verringerte. Das Maximum von 4 079 Transaktionen im Jahr 1979 ist rund 15 Mal höher als das Minimum von 269 im Jahr 1991.

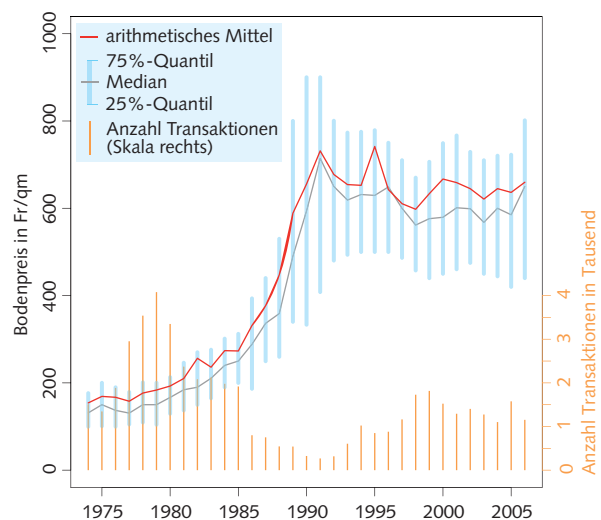
Offenbar bestand in dieser Phase, die etwa von 1985 bis 1992 dauerte, erhebliche Unsicherheit auf dem Boden-

markt: Die Verkäufer rechneten mit steigenden Preisen, und waren deswegen kaum gewillt, ihr Land zu verkaufen, auf der andern Seite waren die Käufer nicht bereit, die sehr hohen geforderten Preise zu bezahlen und rechneten mit einem Preisrückgang. Die Zunahme der Zahl der Transaktionen nach 1992 ist ein Hinweis darauf, dass sich die Erwartungen der Marktteilnehmer einander nach dieser Phase der Unsicherheit wieder annäherten. Die Preise gaben etwas nach, und die Zahl der Transaktionen erhöhte sich – auch wenn die Volumina bei weitem nicht mehr den Stand der 1970er und frühen 1980er Jahre erreichten. Seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre sind sowohl die Volumina wie auch die mittleren jährlichen Quadratmeterpreise vergleichsweise konstant.

Grafik 1

Preis- und Volumenentwicklung des Zürcher Bodenmarkts 1974–2006

Freihandverkäufe unbebautes, erschlossenes Wohnbauland



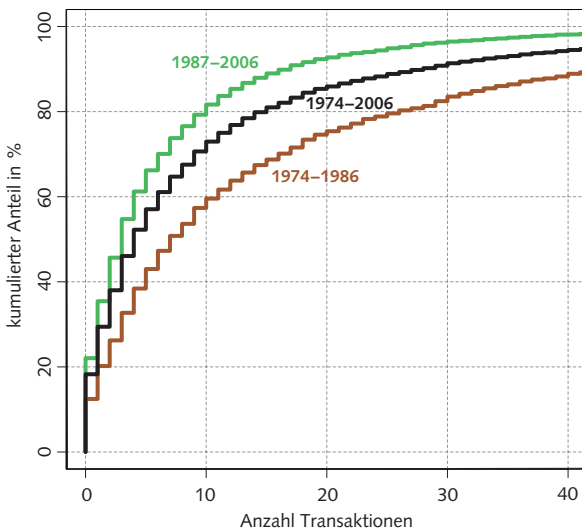
Quelle: Zürcher Handänderungsstatistik
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

In Zahlen ausgedrückt: Für den Zeitraum 1974–2006 hätte eine vollständige Tabelle der möglichen Gemeinde/Jahr-Kombinationen 5 643 (=33*171) Zellen. Über den gesamten Zeitraum ist etwa ein Fünftel (18%) dieser potentiellen Datenzellen leer, weil in manchen Gemeinden teilweise jahrelang gar keine der Datenzellen Freihandtransaktionen stattfanden (siehe Grafik 3). Für weitere 20 Prozent ist eine Publikation von Durchschnittspreisen aus Datenschutzgründen unzulässig, da weniger als drei Grundstücke gehandelt wurden. Grafik 2 zeigt zudem, dass die Datenlage in der Periode während und nach dem Bruch deutlich ungünstiger ist als vorher. Von 1974–86 wurden in 40 Prozent der Gemeinde/Jahr-Kombinationen mehr als 10 Transaktionen erfasst, in der Zeit danach sind es bloss noch etwa 20 Prozent.



Grafik 2

Verteilung der Anzahl Transaktionen pro Jahr und Gemeinde



Lesehilfe: in 75 Prozent der Gemeinde/Jahr-Kombinationen zwischen 1974 und 2006 wurden weniger als 10 Transaktionen erfasst. In der Periode 1987–2006 war der Anteil derartiger Kombinationen mit 80 Prozent deutlich höher.
Quelle: Zürcher Handänderungsstatistik
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

...und Streubreite der Preise

In der Zeit nach dem Bruch ist nicht nur die Zahl der Transaktionen geringer als vorher: Auch die Streuung der Quadratmeterpreise ist grösser als in den 1970er und frühen 1980er Jahren. Die gesamtkantonalen Durchschnittspreise schwanken von Jahr zu Jahr trotzdem nur wenig, denn sie beruhen auf einer relativ grossen Zahl von Transaktionen. Anders kann dies auf kommunaler Ebene aussehen, wie Grafik 3 für acht ausgewählte Gemeinden (siehe Kärtchen) veranschaulicht.

Zwar gibt es Gemeinden, in denen die Transaktionszahl jedes Jahr gross ist und der durchschnittliche Quadratmeterpreis keine Sprünge macht, wie z. B. Winterthur oder Uster. Auch in Obfelden, wo die Zahl der Transaktionen relativ gering ist, streuen die Preise nur wenig. Anders sieht es in manchen Zürichseegemeinden aus. In Küssnacht sind die gemessenen Bodenpreismittel von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich – und zwar sowohl das arithmetische Mittel, wie auch der an sich robustere Median. Schliesslich gibt es aber auch Gemeinden, für die kaum Preisinformationen existieren, und wenn Transaktionen vorkamen, können sie aus Datenschutzgründen nicht publiziert werden. Grafik 3 zeigt beispielhaft für diesen Typ die Verhältnisse im weinländischen Benken.

Die stärkere Streuung der Preise in den 1990er Jahren hat wahrscheinlich mehrere Gründe. Einerseits hat die Zahl der Transaktionen abgenommen und damit auch die Markttransparenz, bzw. die Zuverlässigkeit der Informationen, die Käufern wie Verkäufern bei ihren Entscheidungen zur Verfügung stehen. Im Schnitt werden seit 2000 im gesamten Kanton jährlich nur etwa 1300 Transaktionen registriert. Wenn Wohnbauland nur selten und in grossem zeitlichen Abstand gehandelt wird, ist es schwieriger sich ein Bild von den Preisen zu machen, die aus der Sicht des Käufers bezahlt werden müssen oder aus der Sicht des Verkäufers gelöst werden können. Je weniger Beobachtungen vorhanden sind, desto unsicherer sind die Einschätzungen – das ist nicht nur bei den Bodenpreisen so, sondern auch in anderen Märkten für seltene und inhomogene Güter. Die Datenschutzbestimmungen, die in vielen Gemeinden eine Veröffentlichung von Preisangaben verhindern, tragen zur Markttransparenz natürlich auch nicht eben bei. Nebenbei bemerkt sei auch, dass die Immobilienmakler von dieser Intransparenz letztlich leben, weil die Ermittlung des «angemessenen Preises» für den Laien sehr kostspielig wäre. **2** In einem transparenten Markt brauchte es keine Vermittler.

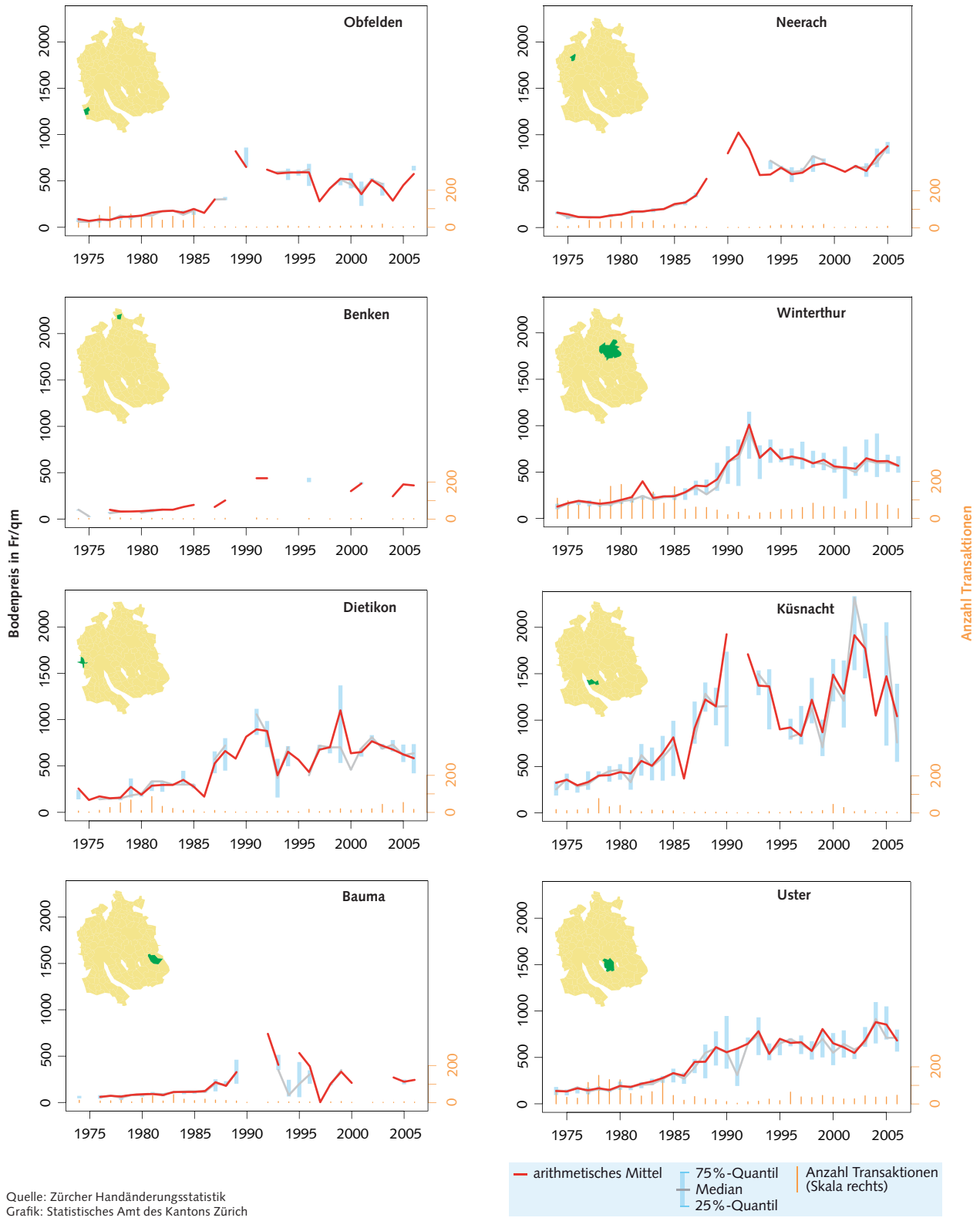
Die grössere Streuung der Preise in der vergangenen Dekade könnte aber auch damit zu tun haben, dass die Grundstücke innerhalb einer Gemeinde hinsichtlich ihrer Lageeigenschaften inhomogener geworden sind, dies insbesondere dort, wo der frei bebaubare Boden allmählich knapp wird, wie am unteren Zürichsee. Bei einem geringen Handelsvolumen kann sich der Qualitätsmix der gehandelten Grundstücke von Jahr zu Jahr stark unterscheiden. Die Sprünge in der Entwicklung messen dann nicht Preisentwicklungen eines Gutes mit gleichbleibenden Eigenschaften, sondern Qualitätsunterschiede. Der Occasionshändler der am Dienstag einen VW verkauft und am Mittwoch einen Ferrari, schliesst aus der Zunahme seines Umsatzes auch nicht auf eine generelle Preisentwicklung auf dem Markt für Gebrauchtautos. Ein Preisindex sollte nicht Preisunterschiede zwischen Gütern unterschiedlicher Art oder Qualität erfassen, sondern die Entwicklung des Preises für dasselbe Gut. **3**

Letzteres Problem liesse sich durch die Bildung eines sogenannten «hedonischen Preisindex», der die Unterschiede in der Qualität der Grundstücke berücksichtigt, wenn nicht beheben, so doch zumindest mildern. Ein hedonisches Regressionsmodell, das die Unterschiede bei den Bodenpreisen innerhalb einer Gemeinde erklären und damit auch eine qualitätsbereinigte Schätzung für den Preis eines «Durchschnittsquadratmeters» liefern könnte, setzt allerdings voraus, dass Informationen über preisrelevante Aspekte der Mikrolage der Grundstücke verfügbar sind. Darunter versteht man jene Eigenschaften, die bei den Grundstücken innerhalb einer Gemeinde unterschiedlich sein können, wie z.B. die Entfernung zur nächsten Schule



Grafik 3

Bodenpreisentwicklung 1974–2006 in ausgewählten Gemeinden



Quelle: Zürcher Handänderungsstatistik
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich



oder regulatorische Vorgaben wie Ausnutzungsziffern oder einzuhalten Grenzabstände. Hinsichtlich ihrer Makrolage sind sich alle Grundstücke in einer Gemeinde dagegen sehr ähnlich. Ein Beispiel für ein Element der Makrolage ist die Entfernung nach Zürich. Aber auch der Steuerfuss, der die Bodenpreise mittelbar beeinflusst, ist für alle Grundstücke einer Gemeinde bzw. die Bewohner der darauf stehenden Häuser derselbe. Im Unterschied zur Makrolage lassen sich grundstücksbezogene Informationen zur Mikrolage für die entferntere Vergangenheit nur mit unverhältnismässig grossem Aufwand beschaffen.⁴

Ziele der Bodenpreismodellierung

Unser Ziel, die Schätzung eines mittleren, repräsentativen Bodenpreises für eine bestimmte Gemeinde in einem beliebigen Jahr, steht fest. Die beschriebenen Rahmenbedingungen schränken aber die Wahl der Modellierungsstrategie stark ein. Einerseits ist das denkbar einfachste «Modell» der kommunalen Bodenpreisentwicklung, die Berechnung jährlicher Mittelwerte oder Mediane, nicht praktikabel, weil zu viele Lücken vorhanden sind und die Repräsentativität der Mittelwerte angesichts der grossen jährlichen Schwankungen zweifelhaft ist. Andererseits erlaubt es die Datenlage auch nicht, die methodisch beste Lösung zu verwirklichen, d.h. ein hedonisches Modell zu schätzen: Für die fernere Vergangenheit wissen wir zuwenig über die Eigenschaften der Mikrolage der gehandelten Grundstücke.⁵

Aus diesen Gründen wählen wir hier eine Modellierungsstrategie, die verspricht unter den gegebenen Rahmenbedingungen das Beste aus den verfügbaren Daten herauszuholen: ein sogenanntes Mehrebenenmodell, eine moderne Erweiterung der multiplen Regression, des Arbeitspferds der sozialwissenschaftlichen Statistik.

Die wichtigsten Determinanten des Bodenpreises

Jedes Modell versucht wichtige Eigenschaften der Realität vereinfacht nachzubilden, und damit letztere «handlicher» zu machen. Sozialwissenschaftliche bzw. ökonomische Erklärungsmodelle wollen in der Regel Wirkungszusammenhänge abbilden. Unser rudimentäres Modell berücksichtigt drei wesentliche Faktoren, die einerseits einen robusten und signifikanten Einfluss auf die Höhe der kommunalen Bodenpreise im Kanton Zürich haben, und zu denen andererseits Daten über die gesamte Zeitperiode problemlos verfügbar sind:

- die Distanz zum Arbeitsplatzzentrum des Kantons, der Stadt Zürich;
- der Steuerfuss einer Gemeinde;
- die gesamtkantonale Bodenpreisentwicklung.

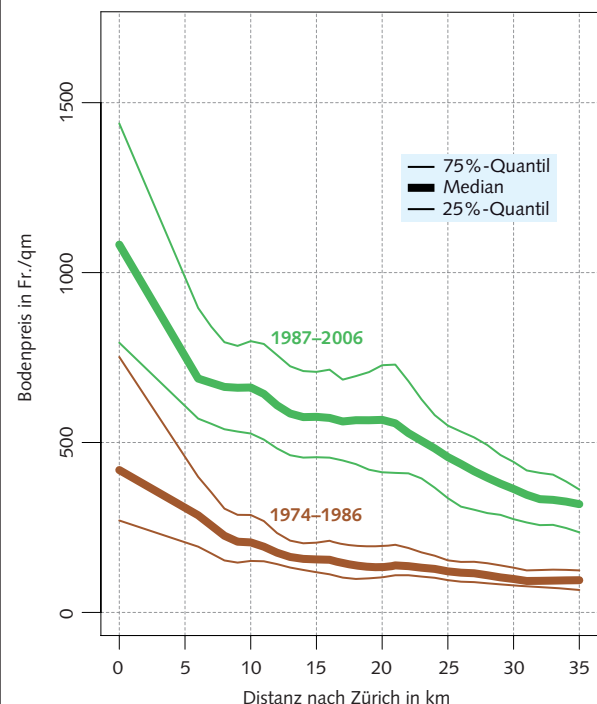
Zentrumsnähe...

Dass die Zentrumsnähe die Landpreise beeinflusst, ist allgemein bekannt. Mehr als ein Drittel der Arbeitsplätze im Kanton befindet sich in der Stadt Zürich und der Anteil wäre noch höher, wenn man unmittelbar angrenzenden Gebiete, wie z.B. die Glatttalstadt, hinzuzählen würde. Zürich ist aber auch wichtig fürs Einkaufen oder Vergnügen. Die Zeit- und die monetären Kosten fürs Pendeln sind in Zentrumsnähe geringer, und diese «Ersparnisse» tauchen in den Preisen fürs Wohnen wieder auf. Zentrumsnahe Grundstücke und Immobilien sind teurer, weil im Preis sozusagen der Minderaufwand fürs Pendeln ins Zentrum bereits berücksichtigt ist. Die Ökonomen sprechen von der Kapitalisierung der Pendelkosten. Der Marktmechanismus, das Spiel von Angebot und Nachfrage, sorgt dafür. Zentrumsnahe Immobilien sind begehrt, weil sich mit ihnen Fahrkosten sparen lassen, und dieser Nachfrageüberhang schlägt sich früher oder später bei begrenztem Angebot im höheren Preis auch für den Boden nieder. Das umgekehrte gilt für periphere Immobilien.⁶ Grafik 4 zeigt den Zusammenhang zwischen der Luftliniendistanz, die aus praktischen Gründen in unserem Modell als Indikator für die Zentrumsnähe dient, und dem

Grafik 4

Zentrumsnähe und Bodenpreise

Mediane und Quartile, geglättet



Quelle: Zürcher Handänderungsstatistik
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich



medianen Bodenpreis.⁷ Auch wenn die Niveaus vor und nach 1987 sehr unterschiedlich waren: der Zusammenhang bleibt derselbe.

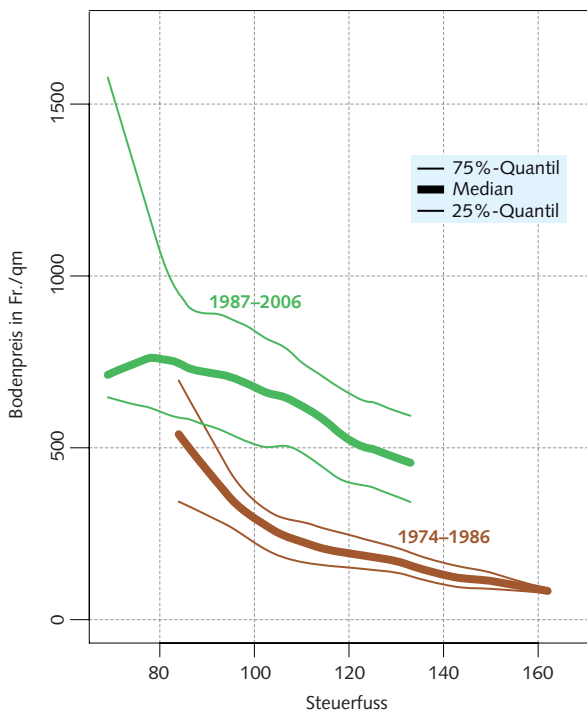
...Steuerfuss...

Grundsätzlich derselbe Mechanismus spielt auch beim Zusammenhang zwischen Bodenpreisen und Steuerfüssen (Grafik 5). Eine niedrige Steuerbelastung wird langfristig im immobilien Faktor «Preis fürs Wohnen» und damit dem Preis für Wohnbauland kapitalisiert. Gemeinden mit niedrigen Steuerfüssen sind als Wohnlagen begehrt, die Nachfrage ist entsprechend gross – und die Preise steigen, letztlich so lange, bis die zusätzlichen Kosten fürs Wohnen die Ersparnis durch den niedrigeren Steuerfuss in etwa ausgleichen. Beim Steuerfuss ist der Zusammenhang insofern etwas komplexer, als eine Wechselwirkung besteht. Ziehen wegen der tiefen Steuerfüsse zahlreiche Gutverdienende zu (und weniger Bemittelte, weil sie sich das Wohnen in dieser Gemeinde nicht mehr zu leisten vermögen, weg), so können die Steuerfüsse wiederum gesenkt werden. Bekanntlich sind der Nutzung dieses «virtuous circle» im Kanton Zürich durch den Finanzausgleich aber Grenzen gesetzt.

Grafik 5

Steuerfuss und Bodenpreis

Mediane und Quartile, geglättet



Quelle: Zürcher Handänderungsstatistik
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich

...und kantonale Bodenpreisentwicklung

Der dritte und bei weitem wichtigste Faktor, der in unserem Modell als unabhängige Variable erscheint, der gesamt-kantonale Bodenpreismittelwert im Transaktionsjahr – ist eigentlich keine. Das Jahreskantonsmittel ist keine «echte» unabhängige Variable, weil es sich um ein Aggregat aller Preise im Kanton handelt, in dem auch der Preis derjenigen Transaktion enthalten ist, den wir zu schätzen versuchen. Der Einbezug dieser Variable ins Modell ermöglicht es aber, die hier nicht interessierende allgemeine Preisentwicklung zu kontrollieren, ins Modell hineinzunehmen.

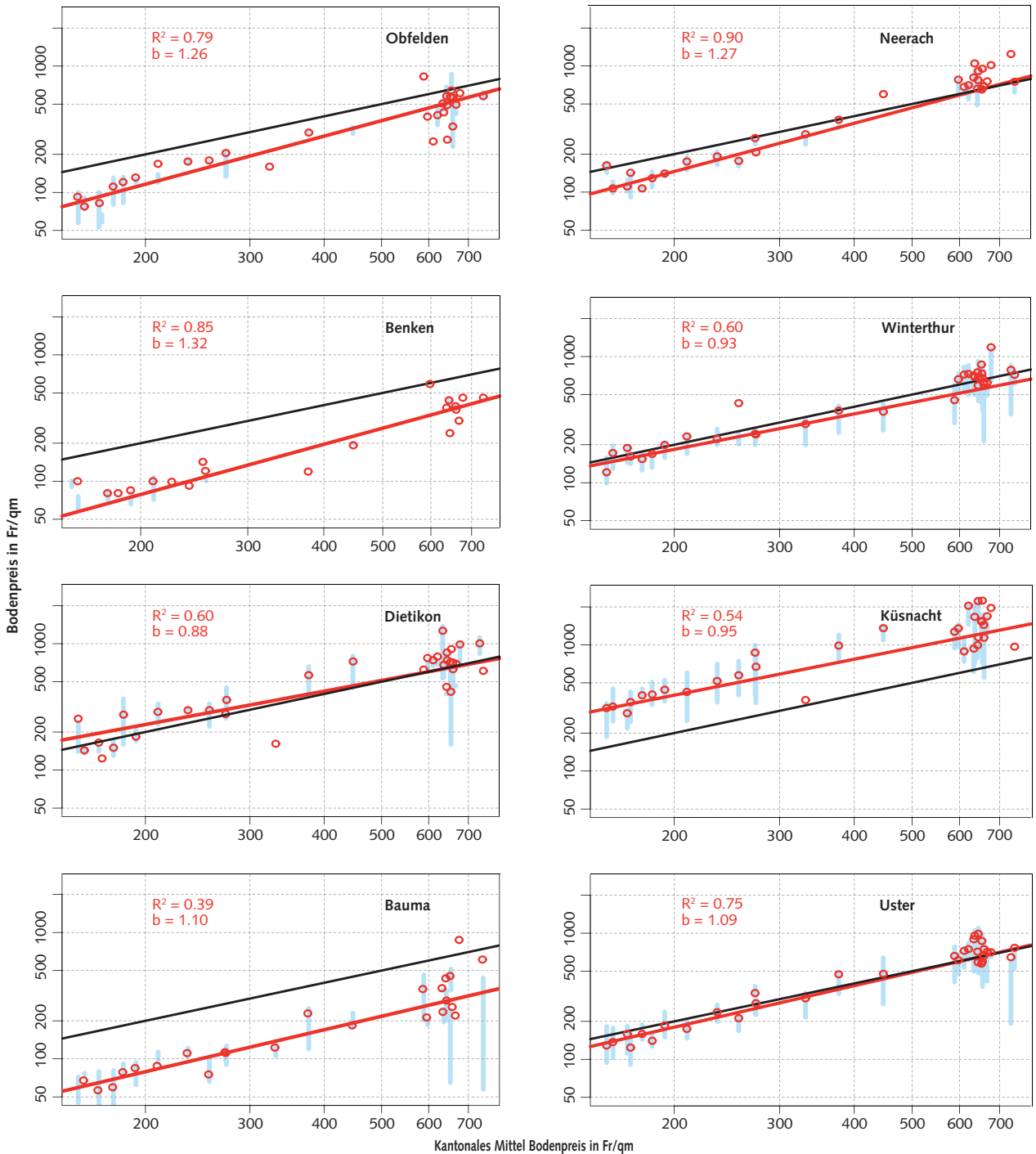
Auf Kantonsebene ist der Zusammenhang zwischen dieser Variable und den einzelnen Transaktionspreisen, anders als bei der Zentrumsdistanz und dem Steuerfuss, trivial weil tautologisch. Interessant sind hingegen die Zusammenhänge zwischen der kantonalen Gesamt- und den kommunalen Sonderentwicklungen. Grafik 6 zeigt für einige Gemeinden, wie hoch die Quadratmeterpreise für Grundstücke in Abhängigkeit vom kantonalen Mittelwert im Transaktionsjahr waren, bzw. wie die kantonale Bodenpreisentwicklung und jene in der Gemeinde zusammenhängen.

Die Regressionsgeraden (rot) und die zugeordneten Bestimmtheitsmasse R^2 beschreiben den Zusammenhang zwischen den beiden Grössen, der in allen Fällen klar positiv ist. Je höher der kantonale Durchschnittspreis, desto höher sind auch die Bodenpreise in den Gemeinden im selben Jahr. Dies bestätigt den Eindruck, den bereits Grafik 3 vermittelte, dass sich nämlich die Preise in den meisten Gemeinden grundsätzlich ähnlich entwickelt haben wie im Kanton insgesamt. Dennoch gibt es Unterschiede, die erkennbar werden, wenn man die Regressionsgeraden mit einer hypothetischen Basisentwicklung vergleicht, bei der die Preisentwicklung in der Gemeinde genau derjenigen des Kantons entspräche (schwarze Gerade). In Uster oder Winterthur entsprechen die Bodenpreise zwar jeweils ziemlich genau dem kantonalen Mittelwert im Transaktionsjahr. Im wohlhabenden Küsnacht an der Goldküste sind die Preise aber stets mehr als doppelt so hoch gewesen wie das Kantonsmittel, in Bauma im Tösstal an der Peripherie des Kantons waren sie immer niedriger. Die Bodenpreisniveaus sind also – wenig überraschend – unterschiedlich im Kanton. Abgesehen von diesem Niveauunterschied haben sich die Preise in diesen beiden Gemeinden aber in etwa parallel zum Kantonsmittel entwickelt. Die beidseitige Logarithmierung der Regressionsgleichung impliziert, dass man den Parameter b als Elastizität interpretieren kann, d.h. eine Erhöhung des kantonalen Bodenpreismittels um 1 Prozent geht bei diesen Gemeinden mit einer Erhöhung des kommunalen Bodenpreises um etwa denselben Prozentwert einher, die Elastizität ist nahe bei 1.



Grafik 6

Bodenpreisentwicklung in Gemeinden und Kanton
doppeltlogarithmische Skala



Lesehilfe: Als der durchschnittliche Bodenpreis im Kanton 500 Fr. betrug, bezahlte man in Küsnacht ziemlich genau das Doppelte, nämlich 1000 Fr. Wenn die durchschnittlichen Bodenpreise in Küsnacht genau jenen im Kanton entsprächen, so wären die rote Linie (durchschnittliche Bodenpreise in Küsnacht), ungefähr deckungsgleich mit der schwarzen Linie – wie z. B. in Uster.

- arithmetisches Mittel
- 75%-Quantil
- 25%-Quantil
- Regressionsgerade
- Bodenpreis in der Gemeinde entspricht kantonalem Mittelwert

Quelle: Zürcher Handänderungsstatistik
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich



Anders ist dies z.B. bei Dietikon, Obfelden oder Neerach. Auch dort gilt zwar der Grundzusammenhang (je höher, desto höher), aber in Dietikon, unweit Zürichs gelegen, reagieren die Preise etwas «träger» auf die kantonale Entwicklung, die Elastizität ist mit .88 deutlich kleiner als 1. In Obfelden und Neerach, periurbanen Gemeinden, die in den vergangenen dreissig Jahren in den Sog der Metropole Zürich geraten sind, nehmen die Bodenpreise hingegen deutlich schneller zu als das Kantonsmittel. Die Nachfrage nach Wohnbauland hat in diesen Gemeinden stark zugenommen, und die Preise sind entsprechend schneller als gestiegen als im kantonalen Durchschnitt. Man kann davon ausgehen, dass sich darin der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur (ÖV wie Auto) spiegelt: Er hat in den vergangenen 30 Jahren periphere, ländliche Gebiete näher ans Zentrum gerückt bzw. die Pendelzeitkosten nach Zürich verringert. Von diesen Ausgaben der öffentlichen Hand haben so nicht zuletzt die Bodenbesitzer am Agglomerationsrand stark profitiert.

Für die Modellbildung bedeutet dies, dass sowohl das Niveau der Preise wie auch die Elastizität der kommunalen Preisreaktion (Steigung b der Regressionsgeraden in Grafik 6) auf die kantonale Entwicklung in den Gemeinden unterschiedlich sind. Analoges gilt im übrigen auch für den gemeindeweißen Zusammenhang zwischen Steuerfuss und Bodenpreisen, den wir hier nicht darstellen. Er ist im allgemeinen negativ, d.h. eine Verringerung des Steuerfusses geht mit einer Erhöhung der Preise einher, und stützt damit unsere obige Theorie über die Beziehung zwischen den beiden Grössen auch in der zeitlichen Längsschnittbetrachtung. Aber auch dort sind die Elastizitäten unterschiedlich, d.h. eine Verringerung des Steuerfusses um 10 Prozentpunkte hat nicht überall denselben Einfluss auf den Bodenpreis. Bei der Distanz nach Zürich macht eine solche Aussage zum vorneherein keinen Sinn, da eine Gemeinde ihre geographische Lage nicht verändert.

Modellierung auf Gemeindeebene?

Was kann uns davon abhalten, die Parameter eines Modells für die Quadratmeterpreise der gehandelten Grundstücke mit den erklärenden Variablen «kantonaler Bodenpreis im Transaktionsjahr» und «Steuerfuss in Transaktionsjahr und -gemeinde» für jede Gemeinde separat zu schätzen, und die prognostizierten Werte für den eingangs erläuterten Zweck zu verwenden?

Das Problem, das sich hier stellt, ist in der statistischen Literatur als «small-area estimation problem» (Longford 2005) bekannt. Die Datenlage in den Gemeinden ist, wie einleitend ausgeführt, sehr heterogen. Bei einigen ist die Zahl der Transaktionen hoch und genügend gleichmässig über den gesamten Zeitraum verteilt, um zuverlässige Parameterschätzungen zuzulassen. Bei anderen ist dies nicht der Fall:

Man erinnert sich an Benken in Grafik 3. Für eine derartige Gemeinde könnte ein Modell, das nur die wenigen Bodenpreise berücksichtigt, die innerhalb der Gemeinde «gemessen» wurden, irreführende Resultate erzeugen. Sie sind auch instabil, weil jeweils bereits geringfügig unterschiedliche Stichproben aus diesen gemeindeweißen Datensätzen sehr unterschiedliche Resultate erzeugen würden. Man käme zu ganz anderen Parameterwerten, wenn zufälligerweise vielleicht nur einige wenige Grundstücke aus irgendeinem Grund nicht gehandelt worden wären. Besonders in der Periode nach dem Bruch (d.h. nach 1987), wo die Variabilität der bezahlten Quadratmeterpreise innerhalb der Gemeinden generell sehr hoch ist, ist dies problematisch.

Die Vertrauenswürdigkeit dieser Gemeindemodelle wäre also sehr unterschiedlich, und sie ist um so geringer, je weniger Transaktionen ihnen zu Grunde liegen, und je widersprüchlicher, variabler die darin eingehenden Preisinformationen sind. Die Statistik formalisiert mit diesen Begriffen eigentlich nur, was der gesunde Menschenverstand intuitiv erfasst. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen. Angenommen es gehe darum, durch eine Befragung von Passanten auf dem Zürcher Hauptbahnhof den Preis eines Billets nach Bern zu ermitteln. Es ist klar: Je mehr Leute man fragt, desto sicherer ist man, dass der Durchschnitt dem tatsächlichen Preis nahe kommt. Fragt man zehn Personen, und bekommt von jeder dieselbe Auskunft, so ist man sicherer, als wenn man von jeder eine andere erhält, also die Streuung der erhobenen «Daten» gross ist.

Ein Mehrebenenmodell als Lösung

Statistisch gesprochen geht es demnach darum, unter systematischer Berücksichtigung dieser beiden Quellen von Unsicherheit verlässlichere Schätzungen für die gemeindeweißen Bodenpreismodelle zu erzeugen. Genau dies tut ein sogenanntes Mehrebenen- oder mixed-effects-Modell.⁸ Dabei handelt es sich um eine computerintensive Modellierungstechnik, die in den letzten Jahrzehnten in einer Vielzahl analoger Problemstellungen, von denen die small-area estimation nur eine von vielen ist, weite Verbreitung gefunden hat, weil die erforderlichen Rechnerleistungen heute auf jedem Desktopcomputer zur Verfügung stehen.

Das Grundprinzip eines Mehrebenenmodells besteht darin, dass man die Modellbildung auf verschiedenen Ebenen miteinander verknüpft und voneinander abhängig macht. In unserem Fall gibt es zwei Ebenen: den Kanton und die Gemeinden. Auf der Kantonebene wird ein Modell angepasst, welches die Durchschnittseffekte der unabhängigen Variablen auf die Bodenpreise beschreibt. Parallel dazu werden auch Modelle für die einzelnen Gemeinden geschätzt, allerdings unter Rücksichtnahme auf das Kantonsmodell.



Ein Mehrebenenmodell der Bodenpreisentwicklung im Kanton Zürich

$$\begin{aligned} \log(\text{Quadratmeterpreis})_j = & \\ + (a_0 + a_{0j}) \text{ Achsenabschnitt; } & (a_0 = +5.938) \\ + (a_1 + a_{1j}) * \log(\text{kantonaler Durchschnittspreis im Transaktionsjahr}) & (a_1 = +1.024) \\ + (a_2 + a_{2j}) * (\text{Steuerfuss in Transaktionsgemeinde und -jahr}) & (a_2 = -0.004) \\ + (a_3) * (\text{Distanz der Transaktionsgemeinde nach Zürich}) & (a_3 = -0.023) \end{aligned}$$

a_0, a_1, a_2, a_3 = fixed effects auf Kantonebene; a_{0j}, a_{1j}, a_{2j} = random effect der Gemeinde(gruppe)¹⁰

Die Logik dieser Berücksichtigung, bzw. die Modellvorstellung, die dahintersteht, ist dabei folgende: Von extremen Abweichungen der Parameter eines Gemeindemodells von denen des Kantonsmodells wird angenommen, dass sie eher unwahrscheinlich sind, und deshalb datenmässig gut abgestützt sein müssen. Aus statistischer Sicht ist eine «Begründung» um so stichhaltiger, je mehr Datenmaterial darin einfließt und je geringer dessen Variabilität ist. Basierend auf dieser Faustregel werden die Gemeindemodelle modifiziert. Die «unzuverlässigen» Parameter der Gemeinde x , in der das Datenmaterial sehr spärlich ist und die Variabilität zudem hoch, werden etwas in Richtung der durchschnittlichen Kantonsparameter «gezogen». Jene der Gemeinde y wo die Bodenpreisentwicklung durch zahlreiche Beobachtungen gestützt ist, die durch das Modell gut erklärt bzw. prognostiziert werden können, werden hingegen fast unverändert beibehalten.

Das klingt kompliziert, ist es in seiner mathematischen Realisierung auch – ist aber eine Verfahrensweise, die jedermann unbewusst täglich anwendet, wenn es darum geht, sich einen Reim auf die Wirklichkeit zu machen und Entscheidungen zu treffen. Das Kantonsmodell hat dabei die Rolle von Vorwissen, die Gemeindemodelle sind konkrete Einzelfälle. Geht man in die Migros um Brot zu kaufen, so weiss man aus Erfahrung in etwa, was das Kilo kostet. Findet man einen Preis, der von der Erwartungen stark abweicht, so wird man misstrauisch und fragt die Verkäuferin, ob da nicht ein Fehler beim Anschreiben passiert sei. Man beschafft sich zusätzliche Informationen, die diese Abweichung dann möglicherweise rechtfertigten oder auch nicht. Bei den Bodenpreisen ist das nicht möglich; es gibt ja kein Preisthermometer, das man in die Erde stecken kann, und das Statistische Amt kann sich auch nicht am Immobilienhandel beteiligen, um zusätzliche Preisinformationen zu beschaffen. Aus diesem Grund bleibt nur die Möglichkeit, die vorhandenen Informationen zu evaluieren und allenfalls in der oben beschriebenen Art zu korrigieren. Ein Mehrebenenmodell tut genau dies in systematischer und methodisch transparenter Weise.

Modellresultate

Das Resultat dieses Modellierungsprozesses ist ein mathematisches Konstrukt, das Aussagen über die Effekte der verwendeten Variablen auf Kantons- wie Gemeindeebene zulässt (siehe Kasten).⁹

Auf Kantonebene (fixed effects) ist eine Verringerung des Steuerfusses um zehn Prozentpunkte im Schnitt mit einer Erhöhung des Bodenpreises um etwa 4 Prozent verbunden, jeder Kilometer, der ein Grundstück näher bei Zürich ist, schlägt mit einer durchschnittlichen Preiserhöhung um etwa 3 Prozent zu Buche. Auch das multivariate Modell bestätigt also die Hypothese einer Kapitalisierung der Zentrumsnähe und der Steuerbelastung in den Bodenpreisen.

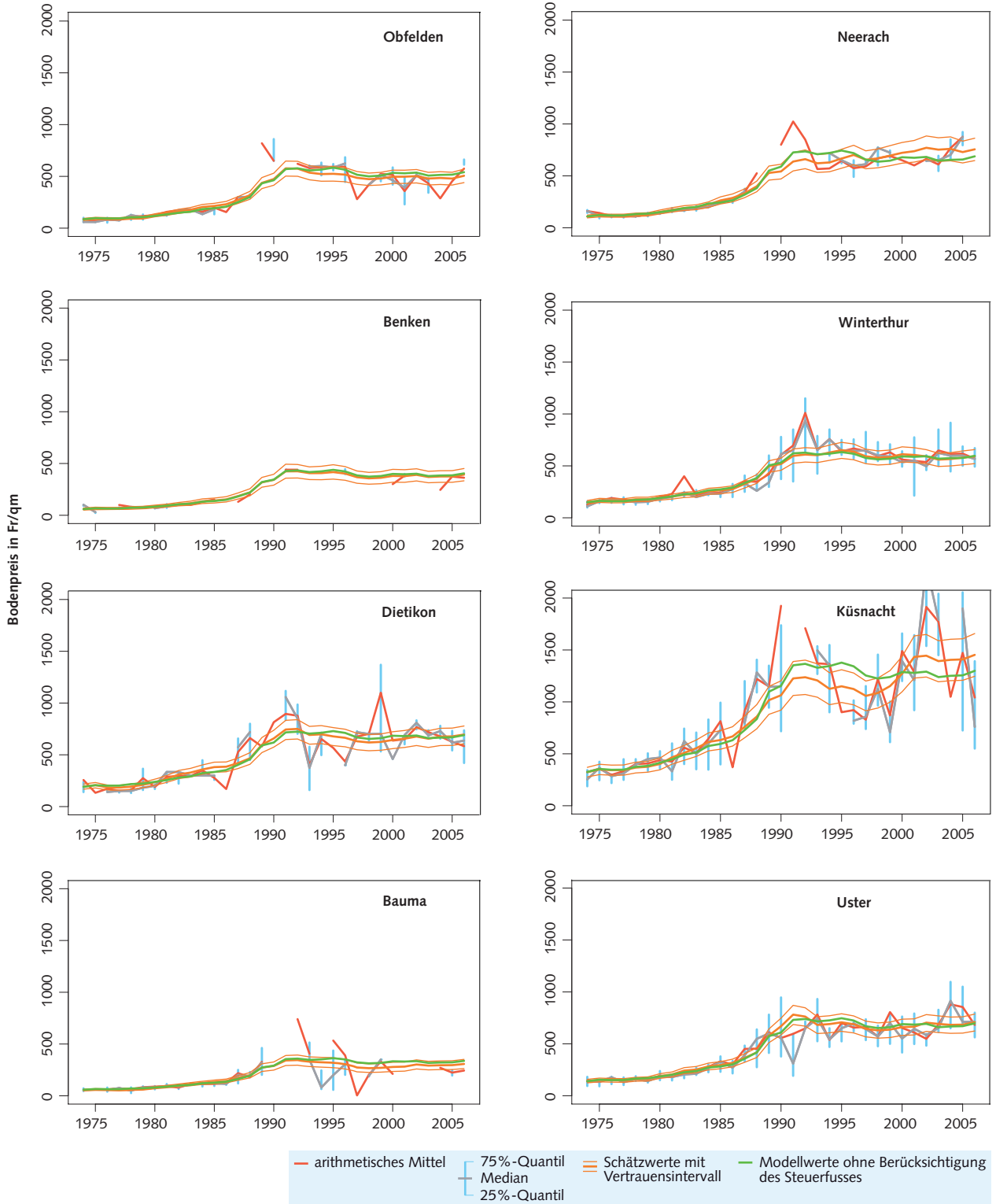
Die Schätzwerte des Modells

Setzt man in dieses Modell die Werte der unabhängigen Variablen für eine bestimmte Gemeinde in einem bestimmten Jahr ein, so erzeugt es einen Schätzwert für den Quadratmeterpreis von Wohnbauland. Grafik 7 gibt die Resultate unserer Modellschätzung¹¹ für den durchschnittlichen Quadratmeterpreis un bebauten, erschlossenen Wohnbaulands für die bereits aus Grafik 3 und 6 bekannte Gemeindeauswahl wieder. Da die Distanz nach Zürich, der Steuerfuss, und der kantonale Durchschnittsbodenpreis für alle Gemeinden und alle Jahre bekannt sind, lassen sich auch Schätzwerte für Gemeinde/Jahr-Kombinationen erzeugen, in denen keine Handänderungen stattfanden. Für die Beispielsgemeinde Benken im Weinland kann nun trotz der spärlichen Datenlage eine vollständige Zeitreihe von Schätzwerten erzeugt werden.

Dort wo er möglich ist, zeigt der Vergleich der Schätzwerte mit den Jahresmittelwerten und Medianen, dass das Modell generell grosse Sprünge von Jahr zu Jahr ausglättet. Der Grund dafür ist die dem Modell zugrundeliegende Hypothese, dass die jeweilige kommunale Bodenpreisentwicklung (log-)linear der Entwicklung des durchschnittlichen Bodenpreises im gesamten Kanton folgt (siehe Grafik

Grafik 7

Modellierte Bodenpreise für ausgewählte Gemeinden 1975–2005



Quelle: Zürcher Handänderungsstatistik
Grafik: Statistisches Amt des Kantons Zürich



6), die wegen der grossen jährlichen Transaktionszahlen bereits sehr geglättet verläuft (Grafik 1). Aus demselben Grund ähneln sich die Kurvenverläufe auch relativ stark.

Wäre die kantonale Preisentwicklung die einzige Variable, die in den Gemeindemodellen eine Rolle spielt (bzw. nur die Parameter a_{0j} und a_{1j} als random-effects modelliert), so wären die modellierten kommunalen Preisentwicklungen eine bloss geometrische Modifikation des kantonalen Verlaufs. Weil zusätzlich der Steuerfuss einen variablen Einfluss hat (gespiegelt in den Parametern a_{2j}), sind die Verhältnisse aber komplexer, ist die Vielfalt grösser. Die Unterschiede zwischen den Schätzwerten eines Modells ohne Steuerfuss (grün) und mit (orange) sind allerdings meistens gering. In unserer Auswahl sind Küsnacht und Neerach die Ausnahmen. Das liegt daran, dass der Steuerfussparameter a_{2j} in diesen Gemeinden relativ weit vom kantonalen Durchschnitt entfernt ist. Im steuergünstigen Küsnacht und Neerach (das seinen Steuerfuss zwischen 1974 und 2006 um nicht weniger als 59 Prozentpunkte senken konnte und heute zu den Niedrigsteuergemeinden gehört) erhöhen sich die Bodenpreise bei einer Senkung des Steuerfusses stärker als anderswo.

Für die Schätzwerte sind zudem Vertrauensintervalle angegeben, Bandbreiten, innerhalb derer sich die tatsächlichen Bodenpreise für ein durchschnittliches Grundstück mit hoher Wahrscheinlichkeit befinden. Der Zusammenhang mit der Streuung der erfassten Bodenpreise ist offensichtlich. In Neerach, wo sich die Preise in einer sehr engen Bandbreite bewegt haben, ist das Konfidenzintervall enger als in Küsnacht, wo die Preisunterschiede innerhalb eines Jahres oft gross waren. Die Breite des Vertrauensintervalls gibt so einen Hinweis darauf, wie zuverlässig die Schätzungen des Modells in Anbetracht der Menge und der Variabilität des Datenmaterials sind.

Fazit – Eine Gebrauchsanleitung

Unser Modell erzeugt für jedes Jahr und jede Gemeinde einen Schätzwert für einen durchschnittlichen Preis für unbebautes erschlossenes Wohnbauland. Diese Preise reflektieren einerseits die inhaltliche und statistische Modellstruktur, wie sie in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben und – hoffentlich einleuchtend – begründet wurde. Sie spiegeln aber in abstrahierter, vereinfachter Form auch das zugrundeliegende Datenmaterial, die Transaktionsdaten wie sie von den Notariaten erhoben werden. Nur wenn man beides für plausibel hält, haben auch die Modellwerte ihren Wert als Anhaltspunkte für eine Einschätzung der Bodenpreise in einer Gemeinde zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Vergangenheit. Es versteht sich aber von selbst, dass es sich nicht um eine Schätzung für ein bestimmtes, konkretes Grundstück handeln kann, die in irgendeiner Weise rechtsverbindlichen Charakter aufweist, oder für die das Statistische Amt haftbar gemacht werden kann.

Anmerkungen

- 1 Siehe z.B. Giuliani und Rieder 2003, Kuster-Langford 1989 oder Farago 1988.
- 2 Siehe dazu Levitt und Dubner 2005.
- 3 Dieser Forderung zu genügen ist besonders über längere Zeiträume nur schwer möglich. Der Landesindex der Konsumentenpreise wird zwar seit 1914 ununterbrochen geführt. Der Güterkorb, der ihm zugrunde liegt, hat sich seither aber ziemlich einschneidend verändert. Für eine Einführung in die wissenschaftliche Behandlung des Problems der Bildung sogenannter hedonischer Indices, vgl. z. B. Bastian et al. 2004
- 4 Die Verknüpfung von Mikrolageeigenschaften mit den Transaktionsdaten setzt zum einen eine Geocodierung der Grundstücke voraus, die in der ferneren Vergangenheit kaum mehr möglich ist. Und selbst wenn die Geocodierung möglich wäre – die Mikroaspekte des Verkehrssystems, der Siedlungsstruktur etc. können nicht mit vernünftigem Aufwand rekonstruiert werden.
- 5 Eine gemeinsame Publikation des Statistischen Amtes und der ZKB wird versuchen, zumindest für die Transaktionen der vergangenen zehn Jahre ein derartiges Modell zu entwickeln. Sie soll anfangs 2007 erscheinen.
- 6 Siehe zu den elementaren Grundlagen der sogenannten Regionalökonomie Fujita et al. 2001.
- 7 Leider stehen für die Zeitperiode 1974–2006 keine genügend differenzierten Jahresdaten zu den Fahrzeiten nach Zürich mit dem Auto oder dem ÖV zur Verfügung. Versuche mit einer Interpolation auf der Grundlage der Pendlerstatistik der Volkszählung verbessern das Modell im Vergleich mit dem Distanzmodell nicht signifikant.
- 8 Die Terminologie in der Literatur ist uneinheitlich. Die Begriffe mixed-effects, multilevel und hierarchical model bezeichnen dasselbe. Für eine Einführung in die Thematik siehe Gelman und Hill, 2007; Singer und Willett 2003, Pinheiro und Bates 2000.
- 9 Das Modell wurde mit der lmer-Prozedur (Bates 2007) des lme-packages in R mit der ML (maximum likelihood) Methode geschätzt. Wie bei Preisen aus Verteilungs- und Robustheitsgründen allgemein üblich, wurde die abhängige Variable (und entsprechend auch die der jährliche kantonale Durchschnittspreis auf der unabhängigen Seite logarithmiert (siehe dazu z.B. Wooldridge 2003, oder Gelman und Hill 2007). Von den random effects wird angenommen, dass sie näherungsweise normalverteilt

sind. Das Modell erklärt insgesamt etwa 74 Prozent der Varianz der Bodenpreise (Pseudo- R^2 ; Quadrierte Korrelation zwischen Modellwerten und gemessenen Preisen), wobei der Steuerfuss und die Distanz nach Zürich nur sehr wenig, allerdings signifikant zur Varianzreduktion (.5%) beitragen.

- 10 Weil die Zahl der Transaktionen in einigen Gemeinden so gering war, dass entweder keine random effects für alle Parameter angepasst werden konnten (bei weniger als drei Transaktionen) oder dies nicht sinnvoll erschien (weniger als 10 Transaktionen), wurden sie mit ähnlichen Nachbargemeinden zusammengelegt. Dabei entstanden folgende Gemeindegruppen:
Hausen, Rifferswil;
Knonau, Maschwanden;
Adlikon, Humlikon;
Berg am Irchel, Flaach;
Buch am Irchel, Dorf Volken;
Oberstammheim, Unterstammheim;
Trüllikon, Truttikon;
Oberstammheim, Unterstammheim;
Wasterkingen, Wil;
Bachs, Stadel, Weiach;
Dielsdorf, Regensberg;
Schleinikon, Schöfflisdorf;
Bauma, Sternenbergr;
Kyburg, Weisslingen.
Die random effects Parameter der Gemeinden in diesen Gruppen (a_{0j} - a_{2j}) sind so jeweils dieselben; die die Schätzwerte für Bodenpreise der die einzelnen Jahre und die Gemeinden können sich aber trotzdem unterscheiden, weil die Steuerfüsse und auch die Distanz zu Zürich unterschiedlich sein können. Für alle anderen 141 Gemeinden wurden separate random effects angepasst.
- 11 Die Schätzwerte des logarithmierten Modells wurden gemäss dem in Wooldridge 2003 beschriebenen Verfahren in die ursprüngliche Preisskala (Fr./Quadratmeter) zurücktransformiert. Die Vertrauensintervalle für die Parameter und die Schätzwerte sind das Resultat einer MCMC-(Markov Chain Monte Carlo)-Sampling Simulation des Modells (Pinheiro und Bates 2000, Gelman 2007).



Literatur

- Bastian Christina, Yvonne Lange und Peter M. Schulze (2004): Hedonische Preisindizes – Überblick und Anwendung auf Personalcomputer. Institut für Statistik und Ökonometrie Mainz, Arbeitspapier Nr. 25.
- Douglas Bates (2007) Theory and computational methods for mixed models. Department of Statistics, University of Wisconsin – Madison.
- Farago, Peter (1988). Einflussfaktoren auf Bodenpreise in der Bauzone - Untersuchungen am Beispiel von Freihandverkäufen unüberbauten Baulandes im Kanton Zürich. NFP «Boden», Liebefeld-Bern.
- Fujita, Masahisa, Paul Krugman und Anthony J. Venables (2001). The Spatial Economy - Cities Regions, and International Trade. MIT Press, Cambridge Mass.
- Gelman, Andrew und Jennifer Hill (2007): Data Analysis Using Regression and Multilevel Models. Cambridge University Press. Cambridge.
- Giuliani, Gianluca und Peter Rieder (2003). Landwirtschaftlicher Bodenmarkt – Dominanz der nicht-landwirtschaftlichen über die landwirtschaftlichen Faktoren. Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie 01/03, 63–84.
- Kuster-Langford, Jürg (1989). Wohnbaulandpreise im Umfeld von Zürich – eine empirische Untersuchung der räumlichen Preisunterschiede unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen der kommunalen Nutzungsplanung und Baulandpolitik. Diss Uni Zürich.
- Longford, Nicholas T. (2005). Missing Data and Small Area Estimation: Modern Analytical Equipment for the Survey Statistician. Springer, Berlin.
- Pinheiro, José C. and Douglas M. Bates. Mixed-Effects Models in S. and S. Plus, Springer (2000).
- Singer, Judith D. und John B. Willett (2003): Applied Longitudinal Data Analysis – Modelling Change and Event Occurrence. Cambridge.
- Steven D. Levitt und Stephen J. Dubner (2005): Freakonomics – A Rogue Economist Explores the Hidden Side of Everything.
- Wooldridge, Jeffrey M. (2003): Introductory Econometrics. South-Western Thomson, Mason.

english abstract

The Canton of Zurich has one of the largest swiss data sets of registered building land transactions, spanning more than 30 years (1974–2006). Despite the large overall number of cases available, data at the small area level of the 171 municipalities is often sparse and highly variable, due to their greatly differing surface area and the differing number of transactions during boom and bust periods on the land market. In order to provide meaningfully stable yearly estimates of mean land prices at the municipal level, we propose a rudimentary multilevel model including as independent variables the distance to the city of Zurich, the level of taxation, and the (log) mean prices at the cantonal level in the transaction year.



statistik.info / statistik.flash

Das Statistische Amt des Kantons Zürich veröffentlicht seine Berichte, Analysen und Kommentare in der Regel online, Papierabzüge sind nur in Ausnahmefällen erhältlich. Die Veröffentlichungen sind in zwei Gruppen eingeteilt: Das Etikett «statistik.info» bezeichnet ausführliche, detailliert ausgearbeitete Studien. Unter dem Begriff «statistik.flash» sind dagegen Kurzberichte zu finden, die ihr Augenmerk auf einen bestimmten Aspekt eines aktuellen Themas richten. Die einzelnen Beiträge liegen im pdf-Format vor. Von Fall zu Fall können Excel-Tabellen die pdf-Files ergänzen – damit haben Sie die Möglichkeit, mit den Daten eigene Berechnungen anzustellen.

www.statistik.zh.ch/statistik.info

NewsStat

Der E-Mail-Newsletter «NewsStat» ergänzt das Angebot: Er informiert Sie in unregelmässigen Abständen über sämtliche Neuerscheinungen im Rahmen von «statistik.info» und «statistik.flash» sowie über Aktualisierungen und Neuheiten im übrigen Webangebot des Statistischen Amtes.

www.statistik.zh.ch/newsstat

RSS Newsfeed

Die Alternative zu «NewsStat» ist der RSS Newsfeed des Statistischen Amtes. Er informiert Sie unverzüglich, wenn eine Neuerscheinung im Rahmen von «statistik.info» oder «statistik.flash» vorliegt – und natürlich auch, wenn es andere Neuigkeiten rund um das Webangebot des Statistischen Amtes gibt.

www.statistik.zh.ch/rss

Statistisches Amt des Kantons Zürich
European Statistical Data Support
Bleicherweg 5
8090 Zürich

Telefon: 044 225 12 00
Fax: 044 225 12 99
E-Mail: datashop@statistik.zh.ch

www.statistik.zh.ch

Auskünfte zur vorliegenden Publikation

Dr. Peter Moser
Telefon: 044 225 12 35
E-Mail: peter.moser@statistik.ji.zh.ch

statistik.info

Daten, Informationen, Analysen @ www.statistik.zh.ch