

Entfernungsabhängiger Ansatz zur Bestimmung von Bodenrichtwerten durch multiple Regression (Teil 1)

Andreas Hendricks

Zusammenfassung

Gegenstand dieser Publikation ist die Frage, inwiefern durch ein multivariates Polynom, welches Preisänderungen durch entfernungsabhängige Parameter beschreibt, eine Objektivierung der Bestimmung von Bodenrichtwerten erreicht werden kann. Die Entfernungen werden durch Fahrzeiten modelliert. Dabei erfordert insbesondere die Erfassung der Fahrzeiten mit dem ÖPNV erhöhten Aufwand. Für die Anwendbarkeit des Algorithmus müssen die Bodenrichtwerte in einer annähernd radialen Struktur mit zunehmender Zentrumsentfernung abnehmen.

Summary

The topic of this paper is the question to what extent may be achieved an objectification of determination of standard land values by a multivariate polynomial which describes price changes by parameters depending on distance. The distance is modeled by travel time. Especially the registration of travel time by public transport demands big effort. There must be an almost radial structure of decreasing standard land values with increasing distance to the city center for the applicability of the algorithm.

Schlüsselwörter: Bodenrichtwerte, multiple Regression, Entfernungsabhängigkeit, Objektivierung, Landkreise

1 Einleitung

Insbesondere im ländlichen Bereich erfolgt die Bestimmung der Bodenrichtwerte bisher in der Regel durch Verfahren, die letztlich auf der subjektiven Bewertung von Sachverständigen fußen. Es stellt sich daher die Frage, ob in diesem Bereich durch einen anderen Ansatz eine Objektivierung erfolgen kann. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird daher untersucht, ob dieses Ziel durch ein multivariates Polynom, welches Preisänderungen durch entfernungsabhängige Parameter beschreibt, erreicht werden kann. Die Untersuchung beschränkt sich dabei auf Wohnbauland, da dieses zum einen in der Peripherie der Städte die vorherrschende Nutzung darstellt und hier zum anderen die Entfernungsabhängigkeit zum Zentrum am deutlichsten zu Tage tritt.

2 Mathematisches Modell und Genauigkeitsmaße

Zunächst ist die Präzisierung und Verfeinerung des oben beschriebenen Modells erforderlich. Das preisbildende multivariate Polynom soll folgende Grundform haben:

$$BW = a_1 \cdot E_{\Delta Z \text{ ÖPNV}} + a_2 \cdot E_{\Delta Z} + a_3 \cdot E_{GS} + a_4 \cdot E_{GYM} + a_5 \cdot E_{LM} + a_6 \cdot E_{SM} + a_0 \quad (1)$$

Dabei sind die Koeffizienten a_1 bis a_6 die zu schätzenden Einflussfaktoren und a_0 bezeichnet das Residuum. Ein Problem liegt darin, dass sich die Entfernungsabhängigkeit zum Zentrum erst ab einer gewissen Entfernung preisbestimmend auswirkt (vgl. Abb. 1). Nach Zeißler 2012 zeigt sich ab einer Entfernung von ca. 5 Kilometern ein annähernd linearer Zusammenhang.

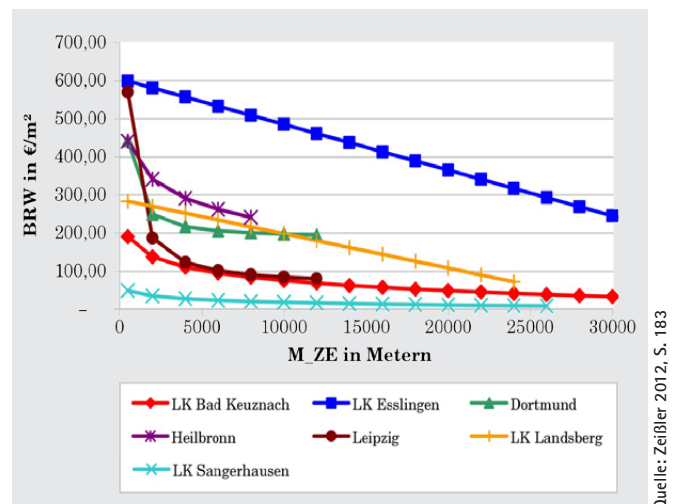


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Bodenrichtwert (BRW) und Zentrumsentfernung (ZE) in verschiedenen Untersuchungsregionen

Bei Verwendung der Entfernung zum Zentrum und der dort verorteten Bodenwerte für die Polynomrechnung würden sich daher auf den ersten Kilometern vom Zentrum aus Werte ergeben, die den Einfluss dieses Parameters nicht hinreichend widerspiegeln. Um die Proportionalität zwischen Entfernungszunahme und Preisabfall zu erreichen, werden daher in das multivariate Polynom die Fahrzeitdifferenzen zwischen dem jeweiligen Teilort und der minimalen Fahrzeit eingeführt, d.h. die Fahrzeitzunahme wird dem Preisabfall gegenüber gestellt. Als minimale Fahrzeit zum Zentrum wird die niedrigste ermittelte Fahrzeit von allen Teilorten aus angesetzt (vgl. Tab. 1 für das Untersuchungsgebiet im Landkreis München).

BW ist somit der Bodenrichtwert von einem zu untersuchenden Teilort, $E_{AZ\ddot{O}PNV}$ ist die Entfernungsdifferenz vom Teilort und der minimalen Distanz zum Stadtzentrum, gemessen in der Fahrzeit mit dem ÖPNV, E_{AZ} ist die Entfernungsdifferenz vom Teilort und der minimalen Distanz zum Stadtzentrum, gemessen in der Fahrzeit mit dem Pkw, E_{GS} ist die Entfernung zur nächsten Grundschule, gemessen in der Fahrzeit mit dem Pkw, E_{GYM} ist die Entfernung zum nächsten Gymnasium, gemessen in der Fahrzeit mit dem Pkw, E_{LM} ist die Entfernung zum nächsten Lebensmittelladen, gemessen in der Fahrzeit mit dem Pkw, und E_{SM} ist die Entfernung zum nächsten Supermarkt mit breiterem Warenangebot, gemessen in der Fahrzeit mit dem Pkw. Mit a_0 wird der Einfluss sämtli-

cher anderer Faktoren erfasst, die nicht explizit im Modell aufgeführt sind. Im Rahmen der weiteren Analysen ist zu prüfen, inwiefern hier eine weitere Detaillierung notwendig ist (z.B. die Aufnahme von Gewerbezentren bzw. attraktiven Naherholungsgebieten). Auf der anderen Seite ist zu testen, ob sich Größen wegen ihres geringen Einflusses eliminieren lassen.

In dem Modell wird zunächst davon ausgegangen, dass die Parameter linear unabhängig sind. Diese Annahme ist Voraussetzung für eine leichte Handhabung und vor allem dafür, dass die Datenerfassung und Übertragung auf andere Städte mit vertretbarem Aufwand erfolgen kann. Eine direkte lineare Abhängigkeit zwischen zwei Einflussgrößen ist in der Praxis auch selten anzutreffen. Inwiefern

hohe Korrelationen zwischen den Einflussgrößen bestehen, kann durch die Analyse der partiellen Korrelationskoeffizienten der Matrix R'_N (s.u.) überprüft werden (Ziegenbein 1977, S. 35). Im Falle von großen Korrelationskoeffizienten ist zu untersuchen, ob sich die korrelierenden Größen zu einer Größe zusammenfassen lassen (z.B. basierend auf der mittleren Fahrzeit) oder ob die Streichung einer Größe ohne Verschlechterung des Modells möglich ist. Weiterhin wird bezüglich der Grundgesamtheit von Normalverteilung ausgegangen, da wesentliche Eigenschaften der Kleinste-Quadrate-Schätzfunktion auch ohne Normalverteilung gültig und etwaige diesbezügliche Abweichungen somit vernachlässigbar sind (Zeißler 2012).

Die Berechnung erfolgt für räumlich getrennte Teilorte. Bei mehreren Zonen in einem Teilort wird ein repräsentativer Wert für diesen Teilort berechnet, der den Einfluss der eingangs beschriebenen Parameter widerspiegelt. Es werden daher auch Bodenrichtwerte statt einzelne Kaufpreise verwendet, weil sich insbesondere der Einfluss der Zentrumsentfernung auf alle Kauffälle eines Teilortes bzw. einer Bodenrichtwertzone gleich auswirken sollte. Durch eine höhere Anzahl

Tab. 1: Bildung der Differenzen der Fahrzeiten (bezüglich des minimal auftretenden Wertes) für die einzelnen Teilorte (Auszug). Die Referenzklasse ergibt sich aus der Anzahl der Vergleichspreise, die zur Bestimmung der BRW vorlagen (1 = mindestens 5; 2 = 1 bis 4; 3 = keine Vergleichspreise)

Ortsteil	Referenz- klasse	Fahrzeit ÖPNV zum Zentrum [min]	Differenz Teilort – Minimum [min]	Fahrzeit Auto zum Zentrum [min]	Differenz Teilort – Minimum [min]
Aschheim	1	42	8	23	3
Dornach	1	36	2	20	0
Aying	1	62	28	32	12
Großhelfendorf	3	72	38	34	14
Baierbrunn	1	52	18	29	9
Buchenhain	1	54	20	30	10
Neukirchstockach	3	81	47	24	4
Gudrunsiedlung	2	84	50	27	7
Otterloh	2	77	43	25	5
Waldbrunn	2	78	44	22	2
Feldkirchen	1	36	2	20	0
Grasbrunn	2	63	29	28	8
Neukeferloh	1	42	8	27	7
Harthausen	1	80	46	32	12
Haar	1	36	2	25	5
Ottendichl	2	44	10	21	1
Höhenkirchen	1	46	12	27	7
Wächterhofsiedlung	3	41	7	27	7
Hohenbrunn	2	40	6	23	3
Luitpoldsiedlung	1	47	13	25	5
Grasbrunner Weg	3	85	51	29	9
Kirchheim	1	44	10	24	4
Heimstetten	1	37	3	25	5
Unterbiberg	3	34	0	22	2
Ottobrunn (östl. Ros.)	1	53	19	20	0
Minimum:		34	Minimum:	20	

von berücksichtigten Kaufpreisen erhöht sich auch die Aussagekraft des abgeleiteten Bodenrichtwertes.

Weitere Abstufungen, die aufgrund anderer Parameter, wie z.B. Immissionsbelastungen, getroffen werden, sind vom Gutachterausschuss sachverständig zu schätzen. Durch dieses Vorgehen wird erreicht, dass der Aufwand für die Datenerhebung gering gehalten wird. Dieses stellt einen wesentlichen Unterschied zu bisherigen Ansätzen der multiplen Regression dar, die in der Regel eine detaillierte Modellierung des Marktes unter Verwendung von einer großen Anzahl von Faktoren versuchen. Den damit verbundenen hohen Aufwand der Datenerfassung können oder wollen aber viele Gutachterausschüsse nicht leisten.

Die Bestimmung der Einflussfaktoren erfolgt über Gemeinden bzw. Gemeindeteile, in denen in den Bodenrichtwertzonen Verkaufsfälle vorliegen, mit den zugeordneten quantitativen Größen. Die Bodenrichtwerte werden sodann mittels landkreisspezifischer Umrechnungskoeffizienten auf eine einheitliche Nutzbarkeit, z.B. eine Geschossflächenzahl (GFZ) von 0,5, normiert.

Die Literatur gibt für die erforderliche Anzahl von Vergleichspreisen pro zu bestimmender Einflussgröße einen Erfahrungswert von 15 an (Ziegenbein 2010). In der Praxis wird diese Anzahl aber nicht immer erreicht werden können (Schmalgemeier 1995). Trotzdem sollte eine möglichst hohe Anzahl angestrebt werden, um die Parameter mit einer Genauigkeit zu berechnen, die den Genauigkeitsverhältnissen bei der Bestimmung von Bodenrichtwerten entspricht. Die Literatur gibt hierfür Werte zwischen ± 20 (Schmalgemeier 1995) und ± 30 % (Schaar 1995) an.

Bei 24 Referenzortsteilen stehen je zu bestimmendem Parameter lediglich vier Werte zur Verfügung. Es ist daher zu prüfen, ob sich die Genauigkeitssituation durch eine Verringerung der Anzahl der Parameter entsprechend verbessern lässt. Hierfür bietet es sich an, die Regressionsfunktion von unten aufzubauen, indem nach einer Berechnung der Korrelationen zwischen Ziel- und Einflussgrößen mit den höchsten korrelierten Einflussgrößen begonnen wird und dann untersucht wird, ob durch die Hinzunahme von weiteren Größen signifikante Verbesserungen erzielt werden können. In diesem Zusammenhang können die Regressionskoeffizienten hinsichtlich ihrer Signifikanz getestet werden oder es kann analysiert werden, ob das Bestimmtheitsmaß signifikant zunimmt.

Sofern eine ausreichende Anzahl von Vergleichsbodenrichtwerten vorliegt, ist natürlich auch die klassische Regressionsanalyse mit Rückwärtselimination der nicht signifikanten Einflussgrößen möglich. Je nach Ergebnis werden dabei Parameter eliminiert oder auch neu eingeführt. Andererseits ist zu beachten, dass der Einsatz statistischer Methoden im Bereich der Wertermittlung immer mit wertermittlungstechnischem Sachverstand gekoppelt sein muss (Schmalgemeier 1995), der insbesondere eine wichtige Rolle bei der Identifikation ungeeigneter Daten spielt.

Aus den $m = 6$ erfassten Daten zu den n Referenzortsteilen lässt sich die Designmatrix $A_{n,m}$ aufbauen (Bezeichnungen von Matrizen und Vektoren werden zur Unterscheidung von Skalaren *fett und kursiv* dargestellt), die die beschreibenden Merkmale enthält. Dabei wird der gesamte Datensatz auf die Mittelwerte (Darstellung Mittelwert mit Überstrich, Erwartungswert der Zielgröße mit Dach) bezogen, wodurch das konstante Glied a_0 eliminiert wird:

$$\widehat{BW} - \overline{BW} = a_1 \cdot (E_{\Delta Z \ddot{O} P N V} - \overline{E_{\Delta Z \ddot{O} P N V}}) + \dots + a_6 \cdot (E_{SM} - \overline{E_{SM}}) \quad (2)$$

$$\text{mit } a_0 = \overline{BW} - a_1 \cdot \overline{E_{\Delta Z \ddot{O} P N V}} - \dots - a_6 \cdot \overline{E_{SM}}. \quad (3)$$

Mit den unbekannten Koeffizienten a_i , die im Vektor $\mathbf{x}_{m,1}$ zusammengefasst werden, sowie dem Vektor der bekannten Bodenrichtwerte $\mathbf{l}_{n,1}$ ergibt sich der Vektor der Verbesserungen $\mathbf{v}_{n,1}$ nach Höpcke zu $\mathbf{v} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} - \mathbf{l}$, wenn alle Beobachtungen das gleiche Gewicht haben (Höpcke 1980).

In $\mathbf{A}$ stecken also die Abweichungen der Realisierungen der Einflussgrößen vom Mittelwert, in $\mathbf{x}$ die empirischen Regressionskoeffizienten, in $\mathbf{l}$ die Abweichungen der Realisierungen der Zielgröße vom Mittelwert und in $\mathbf{v}$ die Residuen (Ziegenbein 1977, S. 29).

Die Berechnung von $\mathbf{x}$ erfolgt über die Normalgleichung

$$\mathbf{A}^T \mathbf{A} \mathbf{x} - \mathbf{A}^T \mathbf{l} = \mathbf{0}. \quad (4)$$

Mit den Bezeichnungen

$$\mathbf{A}^T \mathbf{A} = \mathbf{N} \text{ sowie } \mathbf{A}^T \mathbf{l} = \mathbf{n} \quad (5)$$

ergibt sich:

$$\mathbf{x} = \mathbf{N}^{-1} \mathbf{n}. \quad (6)$$

Weiterhin lassen sich folgende Genauigkeitsmaße berechnen (Ziegenbein 1977, S. 31):

$\mathbf{v}^T \mathbf{v}$ als Maß für die nicht durch die Einflussgrößen und den Regressionsansatz erklärbare Variation der Bodenrichtwerte,

$$s_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{v}}{(n - m - 1)} \quad \text{als Varianz,} \quad (7)$$

$\mathbf{x}^T \mathbf{n}$ als Maß für die durch den Ansatz und die Einflussgrößen erklärbare Variation der Bodenrichtwerte,

$$B = \frac{\mathbf{x}^T \mathbf{n}}{\mathbf{l}^T \mathbf{l}} \quad \text{als multiples Bestimmtheitsmaß.} \quad (8)$$

B kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Der Wert 1 steht dabei für funktionale Abhängigkeit, während ein

Wert von 0 darauf schließen lässt, dass die Zielgröße nicht von den Eingangsgrößen abhängt.

»Man kann sich jedoch nicht damit begnügen, die Schätzfunktion zu berechnen. Die Annahmen beim Ansatz einer multiplen Regressionsfunktion [...] sind durch Bestimmung geeigneter Kenngrößen ähnlich dem B sowie durch sinnvolle statistische Tests [...] zu überprüfen« (Ziegenbein 1977, S. 32). Zur Beurteilung der inneren Struktur des Ansatzes können das innere Bestimmtheitsmaß B_I sowie die partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen den Einflussgrößen herangezogen werden. Die partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen den Ziel- und Einflussgrößen erlauben schließlich Rückschlüsse auf die Wertrelevanz der Einflussgrößen.

Zur Bestimmung der partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen den Einflussgrößen ist zunächst die Matrix R'_N zu berechnen (Höpcke 1980, Ziegenbein 1977):

$$R'_N = -(\text{diag } N^{-1})^{-1/2} N^{-1} (\text{diag } N^{-1})^{-1/2}. \quad (9)$$

Liegt eine hohe Korrelation zwischen den Einflussgrößen vor (r_{ij} kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen, wobei ± 1 auf funktionale Abhängigkeit schließen lässt), so sollten die entsprechenden Größen aus dem Ansatz entfernt werden.

Aus N bzw. der Inversen von N lässt sich zudem die Diagonalmatrix der inneren Bestimmtheiten B_I berechnen:

$$B_I = E - [(\text{diag } N)(\text{diag } N^{-1})]^{-1}. \quad (10)$$

Diese innere Bestimmtheit gibt an, inwiefern eine Einflussgröße durch eine andere substituiert werden kann. Sie kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei 1 vollständige Substituierbarkeit bedeutet.

Zur Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen Ziel- und Einflussgrößen benötigt man zunächst die Matrix M , die sich aus A und I berechnen lässt:

$$M = \begin{bmatrix} A^T A & A^T I \\ I^T A & I^T I \end{bmatrix}.$$

Daraus lässt sich wiederum die Matrix der partiellen Korrelationskoeffizienten R'_M berechnen:

$$R'_M = -(\text{diag } M^{-1})^{-1/2} M^{-1} (\text{diag } M^{-1})^{-1/2}. \quad (11)$$

Diese Korrelationskoeffizienten (letzte Spalte R'_M) »geben Auskunft über die Wertrelevanz der einzelnen Merkmale. Einflussgrößen mit kleinen, außerdem nicht signifikanten partiellen Korrelationskoeffizienten können aus dem Ansatz entfernt werden« (Ziegenbein 1977, S. 36).

Aus den Zeilen der Designmatrix A lässt sich zudem der Erwartungsbereich für den tatsächlichen BRW ableiten. Bezeichnet a_i die i -te Zeile der Designmatrix und $\hat{l}$ den ausgeglichenen BRW ($\hat{l} = l + v$), so gilt zu-

nächst für die Standardabweichung (Höpcke 1980, S. 210) des BRW

$$s_{\hat{l}}^2 = s_0^2 \left(1 + \frac{1}{n} + a_i \cdot N^{-1} \cdot a_i^T \right). \quad (12)$$

Der Erwartungsbereich ergibt sich dann in Abhängigkeit von der Irrtumswahrscheinlichkeit α und der Anzahl der Freiheitsgrade f über die t -Verteilung:

$$\text{Erwartungsbereich} = \hat{l}_i \pm s_{\hat{l}_i} \cdot t \left(f, 1 - \frac{\alpha}{2} \right); \quad f = n - m - 1.$$

3 Problem der Abgrenzung des Anwendungsbereichs am Beispiel des Landkreises München

Grundsätzlich lässt sich durch einen genaueren Blick auf die Bodenrichtwertkarte in einem ersten Schritt eruieren, ob der Ansatz in einem Landkreis überhaupt oder zumindest in gewissen Teilräumen anwendbar ist. Dafür müssen die Bodenrichtwerte in einer annähernd radialen Struktur mit zunehmender Zentrumsentfernung abnehmen. Durch die verwendeten Fahrzeiten als Parameter kann es dabei zu gewissen Abweichungen kommen, aber grundsätzlich sollte diese Struktur bestehen. Insbesondere im Randbereich



Abb. 2: Bereiche von Bodenrichtwerten im Landkreis München

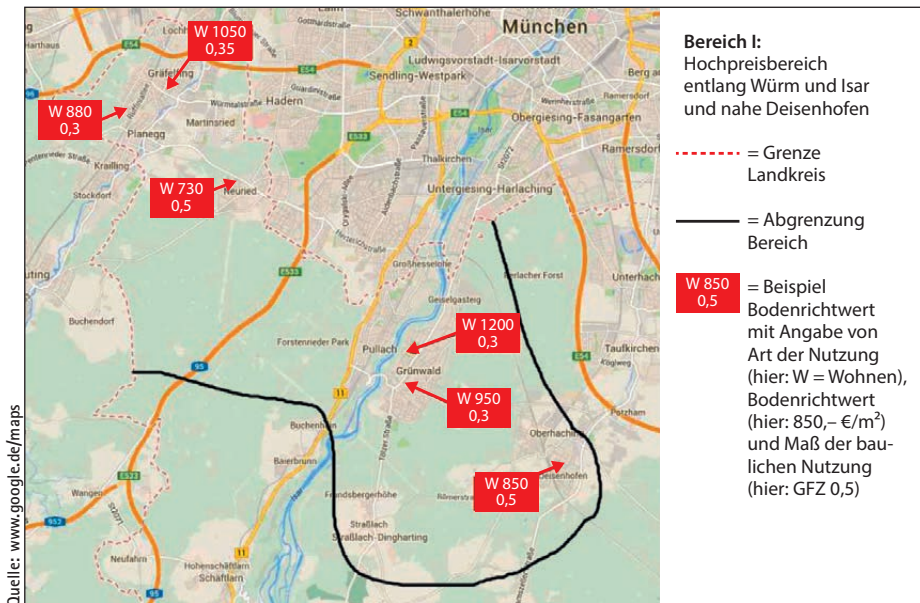


Abb. 3: Bereich I der Bodenrichtwerte im Landkreis München

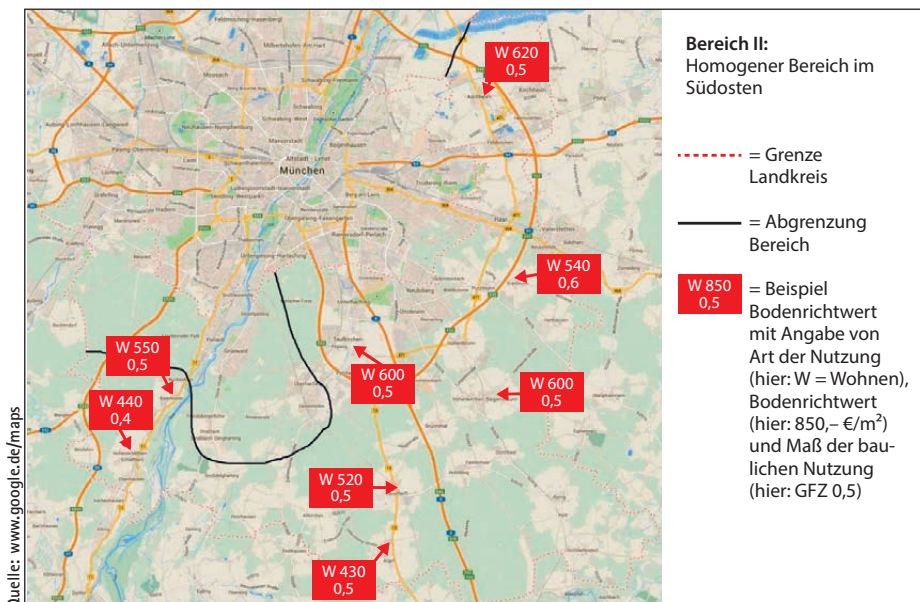


Abb. 4: Bereich II der Bodenrichtwerte im Landkreis München

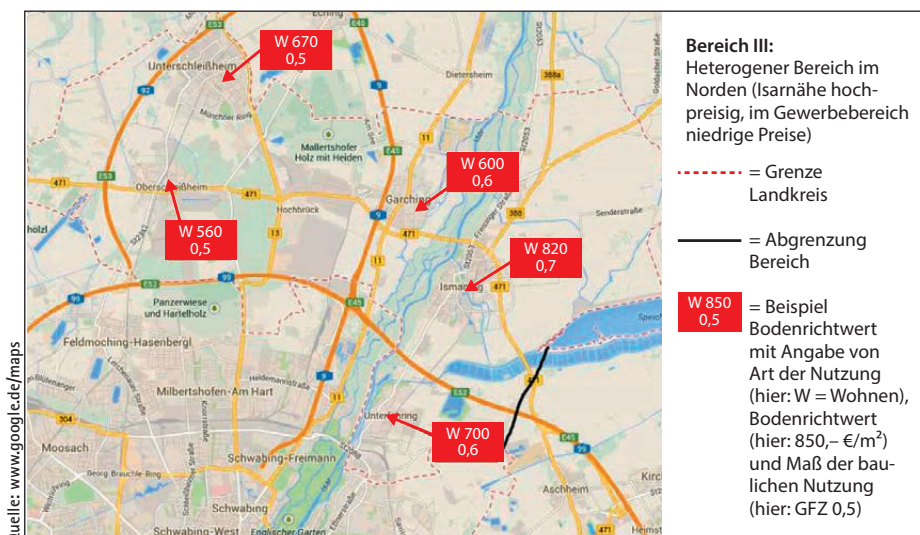


Abb. 5: Bereich III der Bodenrichtwerte im Landkreis München

des zunächst auf diese einfache Weise identifizierten Bereichs sind die einbezogenen Orte kritisch auf ihre Eignung zu prüfen. Tritt ein »zweites Zentrum« auf (z.B. Starnberger See in der Nähe von München), so ist zu prüfen, ob sich die Einflussbereiche sinnvoll trennen lassen. Andernfalls ist die zweite Zentrumsentfernung zusätzlich in das Modell einzuführen.

So lässt sich zum Beispiel bereits bei einem ersten Blick auf die Verteilung der Bodenrichtwerte im Landkreis München konstatieren, dass für diesen insgesamt die Zentrumsentfernung als maßgebliche Größe für die Bildung der Bodenpreise nicht ausreichend ist. Es lassen sich vielmehr drei unterschiedliche Gebiete identifizieren (vgl. Abb. 2).

In Bereich I liegen die hochpreisigen Gemeinden entlang der Würm (z.B. Gräfeling und Planegg) und der Isar (z.B. Grünwald) sowie der Bereich nahe Deisenhofen (vgl. Abb. 3). In Bereich II zeigt sich die Tendenz zur Abnahme der Bodenrichtwerte mit steigender Entfernung am deutlichsten (vgl. Abb. 4). Dieser Bereich ist daher am ehesten für die Anwendung des Algorithmus geeignet. In Bereich III finden sich zum Teil hochpreisige Gebiete in Isarnähe (z.B. Ismaning) und zum anderen Wohngebiete im gewerblich geprägten Umfeld, die durch erheblich niedrigere Bodenpreise gekennzeichnet sind (insbesondere in Nähe des Flughafens Schleißheim, vgl. Abb. 5). Dieser Bereich scheidet daher ebenso wie Bereich I als Anwendungsgebiet aus.

4 Probleme der Datenerhebung am Beispiel des Landkreises München

Mit Hilfe des Internets wurden von 46 Ortschaften bzw. Teilorten im südöstlichen Teil des Landkreises München Daten zur Infrastruktur erhoben, die für die Auswertung der Immobilienmarktpreise von Belang sein könnten. Diese Ortschaften liegen in 19 unterschiedlichen Gemeinden von unterschiedlicher Größe (von Baierbrunn mit etwa 2.850 Einwohnern bis hin zum Münchener Vorort Unterhaching mit 23.100 Einwohnern).

4.1 Zeitliche Entfernung zum Marienplatz

Zunächst wurde die Entfernung der jeweiligen Orte zur Münchener Innenstadt (Marienplatz) mit dem Auto und den Öffentlichen Verkehrsmitteln (zeitlich in Minuten) erfasst. Hierfür wurden die im Internet kostenlos zugänglichen Routenplaner von Falk (www.falk.de/routenplaner) sowie Google Maps (<http://maps.google.de>) verwendet. Die Fahrzeit mit den Öffentlichen Verkehrsmitteln wurde über den Online-Fahrplan der Münchner Verkehrsbetriebe (www.mvv-muenchen.de) ermittelt. Alternativ oder ergänzend können auch die Internetauftritte der Deutschen Bahn (www.bahn.de) oder Google Maps (<http://maps.google.de>) genutzt werden.

Die Hauptprobleme beim ÖPNV lagen in der marktgerechten Erfassung und Berücksichtigung von Wartezeiten, in der Erfassung unterschiedlicher Anschlussqualitäten (z.B. im Vergleich werktags und Wochenende bzw. Stoßzeiten und Zeiten außerhalb) und in der Modellierung des Umstandes, dass kein direkter Anschluss eines Teilortes an das Netz des ÖPNV besteht.

Zunächst war angedacht, die Fahrzeit zum Zentrum am Montag um 07:00 und 12:00 Uhr und am Samstag um 14:00 Uhr zu erfassen, um die Fälle »Stoßzeit und Werktag«, »Werktag außerhalb der Stoßzeit« und »Wochenende« zu erfassen. Bei festen gewünschten Abfahrtszeiten hängt allerdings die Wartezeit bis zur Abfahrt vom Zufall ab. Dadurch können insbesondere bei längeren Taktraten (z.B. 20 Minuten, die in der Peripherie häufig vorkommen) starke Verfälschungen auftreten. Letztlich würde sich der regelmäßig den ÖPNV nutzende Fahrgast an den Abfahrtszeiten orientieren und seinen Reisewunsch entsprechend anpassen.

Ein anderes Problem liegt darin, dass Teilorte vor allem am Wochenende zum Teil gar nicht oder nur ein paarmal pro Tag erreichbar sind, wodurch sich der Sachverhalt ergibt, dass sich durch den Transport z.B. zu einer nahen S-Bahn-Station überhaupt erst sinnvolle Fahrzeiten ergeben, die dann aber andererseits für sich betrachtet ein zu positives Bild des ÖPNV-Anschlusses zeichnen.

Um das Vorgehen zu standardisieren, die Wartezeiten nicht vom Zufall abhängig zu machen und das Problem des Transports zum ÖPNV-Anschluss zu modellieren, wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

Im ersten Schritt wurde die Situation montags zwischen 07:00 und 08:00 Uhr erfasst. Dabei wurde jeweils die schnellste Fahrzeit vom Anfangspunkt (unter Einberechnung des Fußwegs von Mitte der Bodenrichtwertzone zur nächsten Haltestelle) zum Marienplatz ermittelt und die Wartezeit bis zur nächsten schnellsten Verbindung.

Beispiel:

1. Verbindung: Start um 07:08, Ankunft um 07:38
 2. Verbindung: Start um 07:15, Ankunft um 07:55
 3. Verbindung: Start um 07:28, Ankunft um 07:58
 4. Verbindung: Start um 07:35, Ankunft um 08:15
- Schnellste Verbindung um 07:08 (30 Minuten), Wartezeit: 20 Minuten

Ein Problem tritt bei »ähnlich schnellen« Verbindungen auf.

Beispiel:

1. Verbindung: Start um 07:08, Ankunft um 07:38
 2. Verbindung: Start um 07:15, Ankunft um 07:47
 3. Verbindung: Start um 07:28, Ankunft um 07:58
 4. Verbindung: Start um 07:35, Ankunft um 08:07
- Schnellste Verbindung um 07:08 (30 Minuten), aber die andere ist nur 2 Minuten langsamer.

Hier wurde eine Toleranz von 10 % der Fahrzeit gewählt (in diesem Fall also 3 Minuten), um die Verbindung als gleichwertig einzustufen. Als Wartezeit wurde dann der Durchschnitt in die Erfassung eingeführt. Also hier: schnellste Verbindung 30 Minuten, Wartezeit 10 Minuten $[= (7 + 13)/2]$.

Dieses Verfahren wurde dann analog für Montag zwischen 12:00 und 13:00 Uhr und Samstag zwischen 14:00 und 15:00 Uhr durchgeführt.

Um die Taktung und damit die Qualität des Anschlusses mitberücksichtigen zu können, wurde zunächst die Hälfte der Wartezeit zur Fahrzeit addiert. In der numerischen Analyse (vgl. Folgebeitrag) hat sich allerdings gezeigt, dass sich die besten Ergebnisse mit einem Faktor von 0,0 einstellen, d.h. letztlich ohne Berücksichtigung der Wartezeit.

Wenn in den besagten Zeiträumen keine Verbindung verfügbar war, dann wurde eine Alternativberechnung vom nächstliegenden angeschlossenen Teilort aus durchgeführt. Die Qualifizierung »kein Anschluss« wurde vorgenommen, wenn im untersuchten Zeitraum zuzüglich eines Abstands von je 60 Minuten kein öffentliches Verkehrsmittel verfügbar war und der Fußweg zur nächsten Haltestelle mehr als 20 Minuten betrug. Um den Umstand des nicht vorhandenen Anschlusses zu modellieren, wurden in diesem Fall 60 Minuten addiert. Der Wert liegt damit höher als der schlechteste Takt von 40 Minuten bei »Standardverbindungen« des MVV (Münchner Verkehrs- und Tarifverbund).

Die Verbindungsdaten sind im Idealfall jeweils kurz vor der Festlegung der Bodenrichtwerte neu zu erfassen.

Es hat zumindest dort eine Aktualisierung zu erfolgen, wo neue Verbindungslinien eingerichtet wurden bzw. Verbindungen weggefallen sind.

4.2 Zeitliche Entfernung zu den nächstgelegenen Grundschulen und Gymnasien

In einem weiteren Schritt wurde die zeitliche Entfernung der 46 Teilorte zu den nächstgelegenen Grundschulen und Gymnasien ermittelt. Die Informationen über die vorhandenen Schulen lassen sich problemlos recherchieren. Nachdem der Öffentliche Nahverkehr bereits als Komponente behandelt worden war, wurde bei der Ermittlung dieser Daten lediglich die Fahrtdauer mit dem Pkw herangezogen, auch wenn die tatsächliche Beförderungssituation sicherlich heterogener ist (Pkw, Schulbus, ÖPNV, Fahrrad, zu Fuß). Aus dieser Gruppe wurde der Pkw herausgegriffen, um die unterschiedlichen Entfernungen unter Einbeziehung der Straßenführung berücksichtigen zu können.

Die schulische Grundversorgung erwies sich dabei als insgesamt gut. Die meisten der 27 Grundschulen befinden sich im jeweiligen Ortsteil oder sind mit einer maximalen Zeit von 12 Minuten bequem mit dem Auto zu erreichen. Demgegenüber gibt es lediglich sechs staatliche und ein kirchliches Gymnasium im untersuchten Landkreis, dennoch sind diese in maximal 19 Minuten mit dem Pkw erreichbar.

4.3 Zeitliche Entfernung zur Nahversorgung (Bäcker) bzw. zu den nächstgelegenen Supermärkten (größeres Angebot)

In gleicher Weise wie bei den Schulen wurde anschließend die zeitliche Entfernung zum nächsten Bäcker (für den Grundbedarf) bzw. zu den größeren Supermarktketten ermittelt. Auch hierzu lässt sich die Informationslage (z.B. Google Maps oder die Internetportale der Supermarktketten) als sehr gut bezeichnen. Ein Vergleich mit einer durchgeführten Fragebogenaktion bei den Gemeinden hat gezeigt, dass die online ermittelten Daten fast ausnahmslos bestätigt wurden. Die meisten Teilorte verfügen über eine Grundversorgung oder müssen hierfür nur eine geringe Strecke von maximal 9 Minuten (wie in Harthausen, einem Ortsteil von Grasbrunn) zurücklegen. Die Entfernungen zu den größeren Supermärkten entsprachen ebenfalls in etwa dieser Zeit.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Publikation stellt einen entfernungsabhängigen Ansatz vor, mit dessen Hilfe die Bestimmung von Bodenrichtwerten objektiviert werden kann. Dazu werden die Polynomparameter mit bekannten Bodenrichtwerten ermittelt und somit anschließend die Möglichkeit eröffnet, für Bodenrichtwertzonen mit schlechter Datenlage oder ganz ohne Verkaufsfälle entsprechende Schätzungen abzuleiten.

Für die Anwendbarkeit des Algorithmus müssen die Bodenrichtwerte in einer annähernd radialen Struktur mit zunehmender Zentrumsentfernung abnehmen. Dieses ist insbesondere bei Großstädten wie München nicht immer gegeben. In diesen Fällen muss der Geltungsbereich entsprechend verkleinert werden.

Die Entfernungen werden durch Fahrzeiten modelliert. Dabei erfordert insbesondere die Erfassung der Fahrzeiten mit dem ÖPNV erhöhten Aufwand.

In einem folgenden Beitrag werden für den in Kap. 3 beschriebenen Anwendungsraum erste Berechnungsergebnisse präsentiert.

Literatur

- Höpcke, W.: Fehlerlehre und Ausgleichsrechnung. Berlin, de Gruyter, 1980.
- Schaar, H.-W.: Vergleichswertverfahren für bebaute Grundstücke. In: Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung. 1. Stuttgart. Schriftenreihe des DVW, Band 16, Verlag Konrad Wittwer, 1995, S. 132–152.
- Schmalgemeier, H.: Statistische Methoden in der Wertermittlung – Möglichkeiten und Grenzen. In: Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung. 1. Stuttgart. Schriftenreihe des DVW, Band 16, Verlag Konrad Wittwer, 1995, S. 13–51.
- Zeißler, M.: Zur Ermittlung von Bodenrichtwerten bei fehlenden Kaufpreisen unbebauter Grundstücke. Dissertation. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, Nr. 301, 2012.
- Ziegenbein, W.: Zur Anwendung multivariater Verfahren der mathematischen Statistik in der Grundstückswertermittlung. Dissertation. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Leibniz Universität Hannover, Nr. 77, 1977.
- Ziegenbein, W.: Immobilienwertermittlung. In: Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2010. 1. Heidelberg: Wichmann-Verlag, 2010, S. 421–468.

Anschrift des Autors

Dr.-Ing. Andreas Hendricks
Universität der Bundeswehr München
Professur für Landmanagement
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg
andreas.hendricks@unibw.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.