

Expectation-Maximization-Algorithmus und Kollokation im Bewertungsinformationssystem Hamburg

Erich Kanngieser

Zusammenfassung

Das Bewertungsinformationssystem Hamburg ermöglicht die digitale Führung von Informationen über Kauffälle von Grundstücken sowie die Analyse wertbeeinflussender Merkmale des Grundstücksmarktes durch den Einsatz optimierter mathematisch-statistischer Methoden. Die empirischen Daten der Zufallsexperimente können redigiert, selektiert und nach modernen statistischen Verfahren modelliert und analysiert werden. Ausgehend von Regressionsanalysen und Kollokation wird zusätzlich der Expectation-Maximization-Algorithmus eingesetzt, der die Resultate verbessert und einen höheren Erklärungsbeitrag liefert als die Kollokation der empirischen Datenfelder. Außerdem wird im Beitrag die Akzeptanz der Modellierung im Bereich der sanierungsbedingten Wertsteigerungen in der Rechtsprechung behandelt.

Summary

The task to inform about the prices in the property market requires the application of an efficient valuation information system. It is necessary to keep a schedule of purchase prices and to analyse these collected data in a qualified manner. To create land valuation databases for an information system and to enable interoperability with existing IT-solutions and data files, the definitions of objects and data models are harmonized. Building actual databases calls for an inventory of the existing data sources of increase of value real estates in redevelopment zones according to the German planning law. For three decades, collocation has become a standard method for determining the compensatory levy in declared redevelopment zones. The topic of this contribution is to enhance the use of collocation by introducing the expectation-maximization-algorithm. The results of the algorithms are improved and able to give a higher explanation to the compensatory levy in declared renewal zones. This task is executed by using digital methods and the presentation of the results proceeds to modern information technologies. Additionally, this contribution informs about values of real estate in redevelopment zoning in decisions and verdicts of administrative courts.

Schlüsselwörter: Wertermittlung, sanierungsbedingte Wertsteigerungen, Modell Kanngieser/Bodenstein, Kollokation, Expectation-Maximization-Algorithmus

1 Einleitung

Das Bewertungsinformationssystem Hamburg (BIS Hamburg) ist ein Informationssystem bestehend aus Hardware, Software und empirischen Datenfeldern, die digi-

tal erfasst und verändert, gespeichert und modelliert sowie analysiert und entsprechend den Erfordernissen präsentiert werden können. Bei den Daten handelt es sich in der Regel um Kauffälle von Grundstücken, die in vielfältigen Möglichkeiten ausgewertet und präsentiert werden, damit wertbeeinflussende Parameter für die Wertermittlungspraxis bereitgestellt werden können. Die Verarbeitung von Informationen über Grundstückswerte mit den korrespondierenden Datensätzen ist erforderlich, um effektiv eine detaillierte Markttransparenz zu erhalten, sodass die Gutachter bzw. die Gutachterausschüsse für Grundstückswerte ihre Aufgaben gemäß §§ 192 ff. BauGB erfüllen können. Das BIS Hamburg stellt Wertermittlungsinformationen bereit, damit die Erstellung von Gutachten über Verkehrswerte bebauter oder unbebauter Grundstücke, Beleihungswerte, sanierungsbedingte Wertsteigerungen etc. erleichtert wird. Dabei geht es z.B. um Gebietslagewerte (innere oder äußere Verkehrslage, unterschiedliche Wohnlagen etc.), nachprüfbare Marktangepasstheitsfaktoren, die Bestimmung sanierungsbedingter Wertsteigerungen oder anderer wertermittlungsspezifischer marktgängiger Parameter zur Bewertung von Erbbaurechten und anderen Rechten an Grundstücken (z.B. Wohnrechte) bzw. zur Bewertung von speziellen Objekten (z.B. Bäckereien, Parkplätze) oder zur Bewertung von Agrarland (hierzu weiterführend Kanngieser und Schuhr 1997, 2001, 2003, 2004).

2 Mathematische Modellbildung

Um bei der praktischen Wertermittlung für den Preisvergleich den Zeiteinfluss zeitferner Kauffälle zu bestimmen, erfolgte über diverse Teilmärkte eine statistisch zuverlässige Modellierung von Bodenpreisentwicklungen. Zunächst wurden für die verfügbaren mathematischen Modelle Zuverlässigkeitskriterien aufgestellt. Erforderlich ist für die Modellierung ein ausreichender Stichprobenumfang, normiertes eventuell homogenes oder stationäres Datenmaterial sowie ein zuverlässiges mathematisches Modell. Funktionale Modelle sind nur schwer festzulegen und können höchstens als Trendabspaltungen dienen. Polynomansätze niedrigen Grades reichen zur Beschreibung des Datenmaterials wegen seiner Komplexität in der Regel nicht aus, während Ansätze höheren Grades in Bereichen mit weniger Stützpunkten zu unrealistischen Extrema führen. Auch die multiple Regressionsanalyse führt nicht zu einer Optimierung der Modellierung, was an den auftretenden lagebedingten Anpassungsmängeln

erkennbar ist. Eine approximative Lösung dieses Problems besteht in der rasterweisen Untersuchung der nach der Regressionsanalyse verbleibenden Residuen, z.B. bei der Ableitung von Lagefaktoren (vgl. Kanngieser et al. 1994, Kanngieser et al. 1990).

Jede für die Regressionsanalyse erforderliche subjektive Beantwortung der Frage, welches Funktionalmodell die beste mit den Daten verträgliche Form besitzt, wird nicht befriedigen, auch wenn mittels grafischer Darstellungen der Daten versucht wird, den funktionalen Zusammenhang visuell zu erfassen. Die Qualität der Schätzung der Regression, also wie gut die einzelnen Daten das ermittelte Regressionsmodell repräsentieren, kann über das Bestimmtheitsmaß R-Quadrat beurteilt werden. Gemäß Beispielrechnungen im Lehrbuch »Multivariate Statistik« (Schlittgen 2009), in dem auch Häuserpreise mittels Regressionsanalyse geschätzt werden, liegt R-Quadrat bei aussagekräftigen Regressionsmodellen in der Regel bei 0,8 bis 0,9. Weitere Informationen enthält das Lehrbuch »Beschreibende Statistik« (Burkschat et al. 2004). Auch dort werden für aussagekräftige Regressionsmodelle ähnliche Bestimmtheitsmaße berechnet. Laut Lehrbuch »Methoden der Statistik« (Krapp und Nebel 2011) sprechen Bestimmtheitsmaße R-Quadrat von 0,4 bis 0,3 und kleiner dafür, dass die Regression nicht verwendet werden sollte. Das Bestimmtheitsmaß R-Quadrat gleich 0,5 sagt laut Lamberti (2001) aus, dass nur etwa die Hälfte der Varianzen der abhängigen Variablen durch die Regressionskoeffizienten aufgeklärt wird. Der aufgeklärte Varianzanteil ist also etwa genauso groß wie der nicht erklärte Anteil der Varianz. Für ein Regressionsmodell ist dies nicht zufriedenstellend, sodass die mäßige Modellgüte in diesem Fall kaum ausreicht. Eine mögliche Ursache ist die geringe Stichprobengröße. Das von Kanngieser und Bodenstein (1990) ermittelte Bestimmtheitsmaß von 0,7 ist akzeptabel.

Die Einführung der Kollokation in die Wertermittlung (Kanngieser 1984, Kanngieser und Bodenstein 1985) erweiterte die Anwendung strenger statistischer Methoden signifikant, sodass zusätzliche Informationen, die im Regressionsansatz nicht verwertet werden können, ausgeschöpft werden. Die in der Regressionsanalyse erforderliche Aufstellung der Hypothese über Funktionalmodelle verliert bei der Kollokation ihre Bedeutung. Die empirischen Daten werden in der Kollokation ggf. nach einer Trendabspaltung als Realisierung eines stochastischen Prozesses betrachtet. Werden die Kovarianzen bei der Kollokation in einer integralen Funktion zusammengefasst, sind Hypothesen über Homogenität, Stationarität und Isotropie des Datenfeldes erforderlich. Der Einfluss der Hypothesen auf die Resultate reduziert sich bei der Berechnung von lokalen Kovarianzfunktionen und deren Verwendung bei der Kollokation. Handelt es sich bei den empirischen Daten um klassifizierte Werte, wie z.B. bei den sanierungsbedingten Werterhöhungen, so existieren für die Klassenparametrisierung als tatsächliche Beobachtungen zwar die Merkmale (Werterhöhungen),

aber die Klassenzugehörigkeit ist nur eingeschränkt bekannt, wenn Oberklassen gebildet werden müssen. Daher ist der Vektor der Beobachtungen unvollständig, sodass eine Zuordnung des mathematischen Modells mit einer simultanen Schätzung der Parameter notwendig ist. Um diese Art von Problemstellungen zu lösen, kann der Expectation-Maximization-Algorithmus (EM-Algorithmus) eingesetzt werden. Dieser Algorithmus geht von der Maximum-Likelihood-Methode aus, wodurch die unbekannten Parameter geschätzt werden können. Das Verfahren des Expectation-Maximization-Algorithmus berechnet im Expectation-Schritt die zu bestimmenden Parameter unter Benutzung von Näherungswerten mittels der Kullback-Leibler-Statistik und dann wird beim Maximization-Schritt aufbauend auf den bisher erzielten Resultaten die Kullback-Leibler-Statistik durch Variation der Schätzwerte maximiert, damit optionale Schätzwerte ermittelt werden können. Diese neuen Schätzwerte bilden die Grundlage für die weiteren Iterationen, bis das Abbruchkriterium erfüllt wird (Luxen und Brunn 2003).

3 Testbeispiel »Ermittlung sanierungsbedingter Wertsteigerungen«

Sanierungsmaßnahmen sind solche Maßnahmen, durch die ein Gebiet zur Behebung städtebaulicher Missstände wesentlich verbessert oder umgestaltet wird. Dies kann z.B. durch Beseitigung baulicher Anlagen und Neubebauung oder durch Modernisierung von Gebäuden geschehen. Die Verbesserung der Situation durch Bodenordnung, Umstrukturierung, Entkernung, Altbaumodernisierung, Begrünung, Erschließung etc. verursacht erhebliche Kosten für Bund, Länder und Kommunen. Die genannten Maßnahmen führen zu Wertsteigerungen des Bodens, die der Eigentümer eines im Sanierungsgebiet gelegenen Grundstücks als Ausgleichsbetrag der öffentlichen Hand zu zahlen hat. Für die Festsetzung des Ausgleichsbetrages wurden diverse Modelle zur Ableitung der sanierungsbedingten Wertsteigerungen entwickelt (statt vieler Kanngieser 2015, Kanngieser et al. 2000). Das im BIS Hamburg angewandte Verfahren ist eine mittelbare Vergleichsmethode, wobei die Wertsteigerungen mittels eines Klassifikationssystems so normiert werden, dass eine Übertragung auf andere Sanierungsgebiete möglich ist (Kanngieser 1991, 2015). Die normierte Grundlage für den indirekten Vergleich sind die Klassifikationsrahmen für städtebauliche Missstände und Maßnahmen, die im Grundsatz von Kanngieser und Bodenstein (1990) veröffentlicht wurden. Die 100 Klassen der Klassifikationsrahmen mit ihren inzwischen vielfältig erweiterten und konkretisierten sanierungsbedingten Tatbeständen ermöglichen in ihrer Zusammenfassung eine Abstraktion und Qualifizierung der Sanierungstatbestände, sodass die aus beiden Klassifikationsrahmen abgeleiteten Parameter (arithmetische Mittelwerte der Missstände und Maß-

nahmen) und der Anfangsbodenwert die gesuchte sanierungsbedingte Werterhöhung bestimmen.

Die Modellbildung für sanierungsbedingte Werterhöhungen bis zur Datenphase 3 und die Beschreibung des empirischen Datenmaterials ist detailliert von Kanngieser und Bodenstein (1990, 1994) publiziert worden. In diesen empirischen Modellen sind Daten aus Berlin, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz enthalten. Die Daten der DSW (Datenbank sanierungsbedingter Werterhöhungen) führen in der Datenphase 3 zu vier Oberklassen. Bei Kanngieser und Bodenstein (1990, 1994) sind die Resultate der vier Oberklassen dargestellt. Die Modelle in den einzelnen Abbildungen sind durch einfache arithmetische Mittelbildung mit einem Sammelradius bis zu 1. Nachbarschaft entstanden. Dies bedeutet, dass zur Mittelbildung außer den empirischen Werten einer Klasse auch die Daten der direkt angrenzenden Klassen hinzugezogen werden.

Nach Abschluss der Datenphase 3 wurde die Konzeption der Nutzung von Approximationsalgorithmen bei der Modellierung verlassen und zu strengen statistischen Methoden übergegangen. Die Daten der Datenphase 4 wurden mit der strengen statistischen Methode der Kollokation nach kleinsten Quadraten ausgewertet. Dabei werden die klassifizierten empirischen sanierungsbedingten Werterhöhungen nach der Trendabspaltung durch ein geeignetes Flächenpolynom als Realisierung eines stochastischen Prozesses behandelt. Die Berechnungen der Kovarianzen und der Autokovarianzfunktion der empirischen Werterhöhungen sowie die Schätzung der neuen Modellwerte der sanierungsbedingten Werterhöhungen sind formelmäßig bei Kanngieser (1982, 1983a, 1983b) detailliert dargestellt. Die Korrelationslänge beträgt etwa einen Klassenabstand, sodass die gesuchten Werterhöhungen im Wesentlichen durch die ermittelten Werterhöhungen der gleichen Klasse sowie der direkt angrenzenden Klassen beeinflusst werden. Analysen des Datensatzes weisen darauf hin, dass Isotropie und Homogenität der Kovarianzen ein grobes Modell für die integrale Autokovarianzfunktion darstellen. Daher wurde das Programmsystem SAWE so modifiziert, dass auch lokale Kovarianzfunktionen für die Kollokation berechnet werden können. Durch die hohe Datendichte des empirischen Datensatzes der Datenphase 4 konnte damit das stochastische Modell stark verfeinert werden. Das Verfahren liefert das genaueste Resultat aus dem vorhandenen Datenmaterial ohne die Einführung der Hypothese über ein Funktionalmodell sowie mit eingeschränkten Hypothesen über Homogenität und Isotropie der Kovarianzen. Die Resultate der Kollokation für die empirischen Daten der Datenphase 4 sind in fünf Oberklassen (Anfangswerte bis 100 €/m², mehr als 100 bis 200 €/m², mehr als 200 bis 300 €/m², mehr als 300 bis 400 €/m² und mehr als 400 €/m²) aufgeteilt und sind bei Kanngieser und Schuhr (2004) dargestellt. Diese Modelle beruhen auf ca. 700 Datensätzen der Datenphase 4 mit Anfangswerten bis zu 2.000 €/m². Die Daten stammen nur aus den alten Bun-

desländern, wobei auf Niedersachsen mit 50 % der Daten der überwiegende Teil des Datenmaterials entfällt. Jeweils 15 % der Daten lieferten Gutachterausschüsse für Grundstückswerte aus Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein, jeweils 5 % stammen aus Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Hessen und insgesamt 5 % entfallen gemeinsam auf die Stadtstaaten Hamburg und Berlin. Aufgrund des umfangreichen Datenmaterials liefert der Kollokationsalgorithmus eine Genauigkeit für die bestimmten Werterhöhungen von unter 1 %.

Analysen des Datensatzes der Datenphase 5 wiesen darauf hin, dass die integrale Autokovarianzfunktion Probleme für die grundsätzlichen Forderungen der Kollokation nach Homogenität (Invarianz gegenüber Translationen) und Isotropie (Invarianz gegenüber Rotationen) der Residuen aufweist. Daher wurde das stochastische Modell weiter modifiziert, sodass im Programmsystem SAWE lokale, mäandrierende Kovarianzfunktionen berechnet werden können. Die hohe Datendichte des empirischen Datensatzes der Datenphase 5 ermöglicht die Berechnung einer jeweils individuellen Kovarianzfunktion für jede zu bestimmende Werterhöhung, sodass die Werterhöhung für jede Klasse damit berechnet werden kann. Die Resultate der Kollokation sind bei Kanngieser und Schuhr (2005) für 4 Oberklassen dargestellt (Anfangswerte bis 150 €/m², mehr als 150 bis 300 €/m², mehr als 300 bis 450 €/m² und mehr als 450 €/m²). Der Algorithmus liefert für die ermittelten sanierungsbedingten Werterhöhungen eine Genauigkeit von $\pm 0,5$ %, wobei in den stützpunktarmer Randbereichen die Genauigkeit auf $\pm 0,1$ % abfallen kann.

Die Entwicklungsarbeiten im BIS Hamburg für den Einsatz des Expectation-Maximization-Algorithmus (EM-Algorithmus) bei der Ermittlung sanierungsbedingter Werterhöhungen haben gezeigt, dass die Abhängigkeit des Datenfeldes vom Anfangswert erheblich geringer ist als bisher hypothetisch analysiert wurde. Die qualitativen und quantitativen Festlegungen für die Bildung der Oberklassen unterlagen bisher subjektiven Einflüssen. Die Lösung dieser unbekanntenen Klassenparametrisierung durch den EM-Algorithmus objektiviert diesen Vorgang, wodurch sich in der Datenphase 5 eine Reduktion der Modelle gegenüber der Datenphase 4 von 20 % ergibt. Dadurch wird die Besetzung der Einzelklassen der Datenfelder optimiert, was zu einer besseren Konfiguration der empirischen Werte in den einzelnen Ausgangsmatrizen führt. Die empirischen Datenfelder der Datenphase 6 ergeben Werterhöhungsmodelle für Oberklassenabstände von 250 €/m² mit einer Genauigkeit von im Mittel $\pm 0,2$ bis 0,3 %, wobei in stützpunktarmer Randbereichen die Genauigkeit auf $\pm 0,5$ bis 0,6 % abfallen kann. Der EM-Algorithmus ergibt also für die Datenphase 6 eine weitere Reduktion der Modelle gegenüber der Datenphase 5 um 25 %, sodass nur noch drei Modelle MSW 6.1 bis 6.3 berechnet werden (Kanngieser et al. 2009). Die Genauigkeitssteigerungen um etwa den Faktor 2 gegenüber den Modellen der Datenphase 5 werden durch die

Tab. 1: Matrix sanierungsbedingter Werterhöhungen (Wertsteigerungen in Prozent des Anfangswertes) für Anfangswerte bis 250 €/m² (MSW 7.1)

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Städtebauliche Maßnahmen (Klassen) | 10,0 | | | | | 58,1 | 66,3 | | | |
| | 9,0 | | | 41,8 | 50,0 | 53,9 | 59,7 | 64,9 | 69,1 | |
| | 8,0 | | 31,3 | 37,6 | 42,0 | 45,4 | 49,9 | 56,2 | 61,3 | |
| | 7,0 | 20,9 | 25,0 | 27,9 | 29,5 | 36,5 | 48,3 | 45,9 | 49,8 | |
| | 6,0 | 16,5 | 17,2 | 20,6 | 24,6 | 28,2 | 35,2 | 38,7 | | |
| | 5,0 | 12,0 | 14,1 | 16,1 | 20,9 | 23,8 | 28,2 | | | |
| | 4,0 | 8,8 | 9,5 | 11,8 | 13,9 | 15,3 | 18,4 | 20,1 | | |
| | 3,0 | 5,9 | 8,1 | 9,9 | 11,2 | 12,5 | 14,1 | | | |
| | 2,0 | 5,0 | 6,4 | 7,3 | 8,6 | 9,1 | 10,3 | | | |
| | 1,0 | 3,9 | 4,9 | 5,8 | 6,3 | 7,5 | | | | |
| | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
| | Städtebauliche Missstände (Klassen) | | | | | | | | | |

Tab. 2: Matrix sanierungsbedingter Werterhöhungen (Wertsteigerungen in Prozent des Anfangswertes) für Anfangswerte von mehr als 250 €/m² bis 500 €/m² (MSW 7.2)

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| Städtebauliche Maßnahmen (Klassen) | 10,0 | | | | | | | | | |
| | 9,0 | | | | | | 19,2 | 24,5 | 29,6 | |
| | 8,0 | | | | | | 17,9 | 21,6 | 25,4 | |
| | 7,0 | | | | | 14,5 | 15,1 | 17,5 | 18,1 | 20,4 |
| | 6,0 | | | | | 14,0 | 14,8 | 16,4 | 16,9 | 17,9 |
| | 5,0 | | | | 10,1 | 12,8 | 13,8 | 15,1 | 15,9 | |
| | 4,0 | | 7,0 | 8,9 | 10,3 | 12,2 | 13,4 | | | |
| | 3,0 | 4,9 | 6,2 | 7,4 | 8,9 | 10,1 | 11,7 | | | |
| | 2,0 | 3,9 | 4,9 | 5,8 | 7,1 | 8,9 | 9,8 | | | |
| | 1,0 | 3,6 | 4,1 | 4,5 | 5,3 | 6,2 | | | | |
| | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
| | Städtebauliche Missstände (Klassen) | | | | | | | | | |

Nutzung des EM-Algorithmus für die empirischen Datensätze und Optimierung des Oberklassensystems sowie durch den größeren Stichprobenumfang der Datenphase 6 bewirkt (Kanngieser 2015).

Die etwa 800 Daten der Datenphase 7 sind von diversen Gutachterausschüssen und Kommunen aus neun Bundesländern für die empirische Datenbank sanierungsbedingter Werterhöhungen Hamburg zur Verfügung gestellt worden. Die Auswertung mittels EM-Algorithmus ergibt die gleichen drei Oberklassen wie für die Datenphase 6. Die berechneten Modelle MSW 7.1 bis 7.3 sind in Tab. 1 bis Tab. 3 dargestellt. Die Genauigkeiten der Wertsteigerungen in Prozent des Anfangswertes liegen im Promillebereich. Der Informationsgehalt der in den Matrizen enthaltenen Zahlen ist so hoch, dass lineare Interpolationen und Extrapolationen um einen Klassenabstand zulässig sind.

4 Modelle sanierungsbedingter Wertsteigerungen in der Rechtsprechung

Sanierungsbedingte Wertsteigerungen ergeben sich aus der Differenz der Endwerte und der Anfangswerte. In der Regel findet das Vergleichswertverfahren wegen nicht ausreichender Anzahl von Vergleichsfällen keine Anwendung. Fehlt es an aussagekräftigem Datenmaterial, können andere geeignete Methoden entwickelt und eingesetzt werden (BVerwG, Beschluss vom 16.1.1996, NVwZ-RR 1997, 155 und Beschluss vom 16.11.2004, NVwZ 2005, 449). Nach der Rechtsprechung des Bundes-

Tab. 3: Matrix sanierungsbedingter Werterhöhungen (Wertsteigerungen in Prozent des Anfangswertes) für Anfangswerte von mehr als 500 €/m² (MSW 7.3)

| | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Städtebauliche Maßnahmen (Klassen) | 10,0 | | | | | | | | | |
| | 9,0 | | | | | | | | | |
| | 8,0 | | | | | | 18,9 | 19,8 | | |
| | 7,0 | | | | | 16,1 | 17,0 | 17,9 | 19,0 | |
| | 6,0 | | | | 12,0 | 14,9 | 16,0 | 16,5 | | |
| | 5,0 | 7,1 | 9,6 | 10,0 | 11,0 | 12,3 | 14,3 | 15,1 | | |
| | 4,0 | 6,1 | 7,0 | 8,8 | 9,4 | 10,6 | 12,2 | | | |
| | 3,0 | 4,0 | 6,1 | 6,5 | 7,9 | 9,1 | | | | |
| | 2,0 | 3,1 | 4,5 | 5,7 | 6,3 | | | | | |
| | 1,0 | 2,6 | 3,4 | 3,9 | 4,6 | | | | | |
| | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
| | Städtebauliche Missstände (Klassen) | | | | | | | | | |

verwaltungsgerichtes ist grundsätzlich jede Berechnungsmethode zulässig, mit der der gesetzliche Auftrag, die Bodenwerterhöhung und damit den Ausgleichsbetrag nach dem Unterschied zwischen Anfangs- und Endwert zu ermitteln, erfüllt werden kann. Bei der Wahl des Bewertungsverfahrens und der in die Bewertung einfließenden Einzelkriterien steht den Kommunen eine gerichtlich

nicht überprüfbare methodische Prärogative bzw. ein Wertermittlungsspielraum zu, weil die Bewertung stets das Ergebnis einer Schätzung ist. Die Gemeinde ist jedoch verpflichtet, die Bodenwerterhöhung mittels einer rationalen, die Gegebenheiten des Grundstücksverkehrs plausibel nachvollziehenden Methode zu ermitteln (SächsOVG, Urteil vom 17.6.2004, 1 B 854/02).

Der Ausgleichsbetrag, der nach Abschluss der Sanierungsmaßnahme zu zahlen ist, belastet den Grundstückseigentümer nur in der Höhe, wie sich sein Grundstück durch die Sanierung tatsächlich im Wert steigert. Die Ausgleichbetragsregelung neutralisiert sich damit für den Eigentümer vermögensmäßig. Der Eigentümer zieht also aus der Sanierung keinen Gewinn und er erleidet auch keinen Vermögensverlust. Ob eine Bewertung der sanierungsbedingten Bodenwerterhöhungen auf zutreffenden Voraussetzungen beruht, dürfen die Verwaltungsgerichte in vollem Umfang prüfen. Sie müssen die Prüfung sogar vornehmen, wenn die Beteiligten darüber streiten (BVerwG, Urteil vom 17.5.2002, 4 C 6.01).

Zu den Grundsätzen einer routinierten Wertermittlungspraxis gehört, dass das Wertermittlungsverfahren transparent für den Bürger, nachvollziehbar für die Verwaltungsgerichte und durch Veröffentlichungen in Büchern, Fachzeitschriften, Internetdarstellungen etc. jedem Eigentümer zugänglich ist. Der zahlungspflichtige Eigentümer soll durch ein nachvollziehbares Wertermittlungsmodell zu der Einsicht gelangen, dass das gewählte Verfahren plausibel ist, auf einer rationalen Methode beruht und sich den örtlichen Verhältnissen des Grundstücksmarktes anpasst. Die Höhe des Ausgleichsbetrages ist nicht das Resultat einer exakten Rechenoperation, sondern die Bestätigung des regelmäßig durch gutachterliche Feststellung gestützten gemeindlichen Wertermittlungsermessens, das gemäß § 114 VwGO gerichtlich nur eingeschränkt überprüfbar ist (VG Koblenz, Urteil vom 10.10.2005, 8 K 3415/04.Ko). Trotzdem müssen bei jeder Wertermittlung die allgemein anerkannten Grundsätze der Wertermittlungsverordnung (seit 1. Juli 2010 Immobilienwertermittlungsverordnung) beachtet werden und es muss eine Methode gewählt werden, die den dort normierten Methoden gleichwertig ist (BVerwG, Beschluss vom 16.11.2004, 4 B 71.04). Ähnlich urteilt auch das Sächsische Obergericht und stellt im Urteil vom 17.6.2006 (Az.: 1 B 854/02, 2. Ls.) den folgenden Grundsatz auf: »Fehlen hinreichende Vergleichsdaten zur getrennten Ermittlung des Anfangs- und Endwertes auf der Grundlage eines Verfahrens nach der Wertermittlungsverordnung, ist die Behörde verpflichtet, andere geeignete Wertermittlungsverfahren zur Berechnung des Ausgleichsbetrages heranzuziehen, die eine zuverlässige Ermittlung der Bodenwertsteigerungen gestatten.«

Natürlich ist jede Wertermittlung das Resultat einer Schätzung, der eine spezielle Fehlerbandbreite anhaftet. Diese Abweichungen dürfen nicht zu groß sein und den Eindruck der Willkür erwecken. Bei der Ermittlung des zu zahlenden Ausgleichsbetrages dürfen sich die Unsicher-

heiten der Ermittlung nicht zu Lasten des Ausgleichsbetragspflichtigen auswirken (VG Münster, Urteil vom 18.2.1988, 3 K 2268/86).

Das »Modell Niedersachsen« oder »Modell Kanngieser/Bodenstein« ist eine von der Rechtsprechung nicht nur in Niedersachsen anerkannte Wertermittlungsmethode, die auch Kauffalldaten anderer Bundesländer berücksichtigt (Nds. OVG, Urteil vom 17.1.1997, 1 L 1218/95 und Beschluss vom 8.5.2000, 1 M 1287/00; OVG Schleswig-Holstein, Beschluss vom 9.7.2001, 1 M 22/00; VGH Baden-Württemberg, Beschluss vom 26.1.2005, 8 S 722/04; Bartholomäi 2001). Das Modell beruht auf einer statistischen Abhängigkeit der prozentualen Bodenwerterhöhung vom Anfangswertniveau und von den Klassifikationsparametern. Die Wertsteigerungen sind aus einer hohen Anzahl von empirischen Daten ermittelt worden. Trotzdem ist auch in der Rechtsprechung anerkannt, dass mathematische Verfahren in der Wertermittlung nicht schematisch angewendet werden dürfen.

Zuerst haben einige niedersächsische Verwaltungsgerichte die Modelle sanierungsbedingter Wertsteigerungen als geeignetes Verfahren anerkannt und dann hat das Nds. Obergericht Lüneburg in seinem Urteil 1 L 46/90 am 24.1.1992 die »Wertzuwächse« als »methodisch einwandfrei ermittelt« beurteilt (Rehwald 1988, Stege 1993). Die Richter des OVG Lüneburg haben die entwickelten Modelle als akzeptable Verfahren bestätigt, wobei der Kläger in dem Verfahren allerdings weniger die Modelle der Ermittlung sanierungsbedingter Wertsteigerungen, sondern die Art der durchgeführten städtebaulichen Maßnahmen angegriffen hat. Er war der Meinung, dass die Sanierung nur eine umfangreiche Erschließungsmaßnahme sei, sodass keine Werterhöhung aufgrund einer städtebaulichen Maßnahme eingetreten sei. In seinem Urteil hat das OVG Lüneburg u. a. bestätigt, dass davon ausgegangen werden kann, dass der Grad der städtebaulichen Missstände, der Umfang der Sanierungsmaßnahmen und die Höhe des Anfangswertes die Werterhöhung beeinflussen. Dieser Ansatz ist nach der Auffassung des Senates eine rechtlich zulässige Methode. Im Beschluss des OVG Lüneburg vom 26.9.1994 (1 M 3029/94) zur Gewährung des vorläufigen Rechtsschutzes und im Urteil vom 17.4.1997 (1 L 6618/95) zur Festsetzung des Ausgleichsbetrages wird das Modell zur Bestimmung sanierungsbedingter Wertsteigerungen uneingeschränkt akzeptiert (Seifert 1999).

Auch beim Einsatz des Verfahrens bei der Bewertung einer Sanierungsumlegung hat das Landgericht Oldenburg am 7.11.1995 (1543/92) geurteilt, dass dieses Verfahren, welches auf der Grundlage von Sanierungsverfahren in Niedersachsen entwickelt wurde, nicht rechtswidrig ist. Durch die breite Streuung der Daten, die aus Sanierungen in diversen Städten stammen, liegt ein statistisch ausreichendes Zahlenmaterial vor, das auch für die Wertermittlung bei dieser speziellen Sanierungsumlegung verwendet werden kann. In einem weiteren Urteil vom 17.1.1997 (1 L 1218/95) entscheidet das OVG Lüneburg,

dass in dem speziellen Verfahren nicht ausschließlich das niedersächsische indirekte Vergleichswertverfahren anzuwenden ist, sondern weitere Gegebenheiten zu berücksichtigen sind. Es werden Änderungen in der Einstufung im Klassifikationsrahmen vorgenommen und es wird ein »merkantiler Minderwert« ermittelt. In einem anderen Verfahren vor dem OVG Lüneburg im Jahr 1996 (Beschluss vom 21.10.1996, 6 M 4534/96) wird das indirekte Vergleichswertverfahren bei einem Anfangsbodenwert von 6.800 DM/m² angewandt. Der Kläger beanstandet sowohl das Verfahren grundsätzlich als auch die Tatsache, dass der Gutachterausschuss in unzulässiger Weise zwei Wertermittlungsverfahren miteinander verknüpft. Die grundlegende Kritik wird abgelehnt und es werden keine Bedenken gegen das Berechnungsmodell geäußert. Ferner wird darauf hingewiesen, dass im Einzelfall natürlich Korrekturberechnungen möglich sind. Außerdem ist durch das Bundesverwaltungsgericht im o.g. Beschluss vom 16.1.1996 entschieden worden, dass eine Kombination verschiedener Ermittlungsmethoden grundsätzlich nicht ausgeschlossen ist. Aus der Rechtsprechung der niedersächsischen Gerichte kann gefolgert werden, dass das Modell grundsätzlich anerkannt wird, aber die einzelnen Festlegungen im Modell detailliert überprüft werden müssen. Weitere Einzelheiten sind von Seifert (1999) sowie von Kanngieser und Schuhr (2004) veröffentlicht worden.

5 Fazit und Ausblick

Der Fokus der Entwicklungsarbeiten im BIS Hamburg liegt im Bereich der mathematischen Modellierung. Stochastische Algorithmen werden in Teilmärkten eingesetzt, sodass das Informationssystem immer mehr und aktuellere wesentliche Daten der Verkehrswertermittlung enthält. Einfache Unterschiede in den Kaufpreisen lassen sich durch deterministische Ansätze (multiple lineare oder nicht lineare Regressionen) erklären. Komplexe Teilmärkte, wie die Sanierungsgebiete, erfordern stochastische Ansätze wie die Kollokation, da differenzierte Wertverhältnisse nicht durch einfache funktionale Beziehungen der Regressionen erfasst werden können. Das Modell der Regressionsanalyse kann die Verhältnisse in Sanierungsgebieten nicht umfassend und korrekt genug beschreiben. Auf der Grundlage eines einfachen Trendmodells ermöglicht die Kollokation durch Bestimmung eines unregelmäßigen, aber systematischen Signalanteils die Verwertung bislang nicht erfasster stochastischer Informationsanteile, die in den Daten enthalten sind, aber von der Regression nicht modelliert werden können. Die Kollokation liefert damit einen höheren Erklärungsbeitrag für die Bestimmung sanierungsbedingter Bodenwerterhöhungen, der durch die Verwendung lokaler mäandrierender Kovarianzfunktionen noch signifikant gesteigert wird. Um die Festlegung der Oberklassen der

Modelle zu objektivieren, wurde die simultane Schätzung dieses Parameters erforderlich. Dieses Problem löst der Expectation-Maximization-Algorithmus, der bei der letzten Iteration auch Schätzungen für die Kovarianzmatrizen der bestimmten Parameter angibt. Dieser Algorithmus reduziert die Anzahl der Oberklassen, sodass die Einzelklassen der empirischen Modelle mehr Daten enthalten. Dadurch wird die Genauigkeit der Modelle bis in den Promillebereich gesteigert. Für den Teilmarkt »Sanierungsgebiet« wurde also eine Verbesserung in der Informationsausschöpfung durch den EM-Algorithmus erreicht, sodass dieses mathematisch-statistische Verfahren auch in der Grundstückswertermittlung erfolgreich eingesetzt werden kann. Künftig soll auch das Fehlverhalten der Eingangsdaten geschätzt werden und im stochastischen Modell berücksichtigt werden. Dies wird zu einer höheren Genauigkeit der geschätzten Kovarianzmatrizen führen. Dadurch sollen detailliertere Kenntnisse der Fehlerbudgets der Modelle sanierungsbedingter Wertsteigerungen erlangt werden (Kanngieser 2015). Weiterhin wird ein neues Bewertungsmodell für Wertänderungen von der Forschungsgruppe »Immobilie und Stadt« der HCU entwickelt, dass allein auf der Klassifikation der veränderten städtebaulichen Missstände in Stadtgebieten beruht.

Außerdem wird die Literatur- und Urteilssammlung des BIS Hamburg ständig erweitert, um die für die Lösung der Aufgaben der Wertermittlung bedeutsamen Textstellen oder Gerichtsurteile zur Verfügung zu stellen. Ein Auszug aus dem Anwendungsbereich dieser Informationssammlung ist beispielhaft für die Modelle sanierungsbedingter Wertsteigerungen in Kap. 4 dargestellt.

Dank

Der Verfasser bedankt sich bei den diversen Kommunen und Gutachterausschüssen für die Zusammenarbeit und die zur Verfügung gestellten Daten. Besonderer Dank gilt meinem stellvertretenden Leiter der Forschungsgruppe Prof. Dr. W. Schuhr sowie meinen Mitarbeitern M.Sc. C. Hasselhuhn und J. Kröger für die Unterstützung bei den Forschungsarbeiten.

Literatur

- Bartholomäi, E.: Sanierungsausgleichsbetrag – *Judex calculat*. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ) 20, Heft 12, S. 1377–1378, 2001.
- Burkschat, M., Cramer, E., Kamps, U.: *Beschreibende Statistik*. Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- Kanngieser, E.: Untersuchungen zur Bestimmung tektonisch bedingter zeitlicher Schwere- und Höhenänderungen in Nordisland. *Wiss. Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Univ. Hannover*, Nr. 114, 1982.
- Kanngieser, E.: *Application of least-squares collocation. Recent crustal Movements*, Elsevier-Verlag, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 1983a.
- Kanngieser, E.: Modellierung vertikaler Krustenbewegung durch Kollokation. *ZfV* 108, Heft 9, S. 373–381, 1983b.
- Kanngieser, E.: Modellierung der Bodenpreisentwicklung. *ZfV* 109, Heft 10, S. 517–523, 1984.

- Kanngieser, E.: Grundstückswertermittlung in städtebaulichen Sanierungsgebieten. Wiss. Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Univ. Hannover, Nr. 172, S. 129–136, 1991.
- Kanngieser, E.: Modell Niedersachsen – das integrative Bewertungsmodell zur Ermittlung sanierungsbedingter Bodenwertsteigerungen für Deutschland. zfv 140, Heft 6, S. 373–381, 2015.
- Kanngieser, E., Bodenstein, H.: Sanierungsbedingte Werterhöhungen, Teil 1: Gebietsklassifikation. ZfV 110, Heft 6, S. 233–241, 1985a.
- Kanngieser, E., Bodenstein, H.: Sanierungsbedingte Werterhöhungen, Teil 2: Empirische Bestimmung. ZfV 110, Heft 9, S. 410–416, 1985b.
- Kanngieser, E., Bodenstein, H.: Praktische Ermittlung von Bodenwert-erhöhungen aufgrund städtebaulicher Sanierungsmaßnahmen. GuG 1, Heft 3, S. 147–152, 1990.
- Kanngieser, E., Bodenstein, H.: Genauigkeitsanalyse der Klassifikation von Sanierungsgebieten. ZfV 119, Heft 10, S. 527–534, 1994.
- Kanngieser, E., Dorn, F., Focht, A.: Vergleich des Hagedorn Modells zur Bestimmung sanierungsbedingter Werterhöhung mit dem Modell der DSW Hamburg. GuG 11, Heft 1, S. 17–23, 2000.
- Kanngieser, E., Kertscher, D., Deichsel, C.: Modellierung der Lageabhän- gigkeit von Bodenrichtwerten. ZfV 119, Heft 10, S. 527–538, 1994.
- Kanngieser, E., Kertscher, D., Vollmer, H.: Ein detailliertes Modell zur Bestimmung des Lageinflusses bei der Verkehrswertermittlung be- bauter Grundstücke. ZfV 115, Heft 2, S. 69–75, 1990.
- Kanngieser, E., Schuhr, W.: Bestimmung stochastischer Variabler in der Verkehrswertermittlung. AVN 104, Heft 3, S. 89–95, 1997.
- Kanngieser, E., Schuhr, W.: Aufbau des Bewertungsinformationssystems Hamburg. GuG 12, Heft 6, S. 350–354, 2001.
- Kanngieser, E., Schuhr, W.: Neuentwicklungen im Bewertungsinforma- tionssystem Hamburg. zfv 128, Heft 4, S. 235–240, 2003.
- Kanngieser, E., Schuhr, W.: Optimierte stochastische Modellierung im BIS Hamburg. AVN 111, Heft 10, S. 357–363, 2004.
- Kanngieser, E., Schuhr, W.: Stochastische Algorithmen der Grund- stücksbewertung. GuG 16, Heft 5, S. 280–285, 2005.
- Kanngieser, E., Schuhr, W., Johrendt, R.: Optimierung des Bewertungs- systems MSW-Hamburg. GuG 20, Heft 6, S. 335–340, 2009.
- Krapp, M., Nebel, J.: Methoden der Statistik. Vieweg und Teubner Ver- lag, Wiesbaden, 2011.
- Lamberti, J.: Einstieg in die Methoden empirischer Forschung. DGVT Verlag, Tübingen, 2001.
- Luxen, M., Brunn, A.: Parameterschätzung aus unvollständigen Beob- achtungsdaten mittels EM-Algorithmus. zfv 128, Heft 2, S. 71–78, 2003.
- Rehwald, H.-P.: Sanierungsbedingte Werterhöhungen, praktische An- wendung des Modells Kanngieser/Bodenstein. ZfV 113, Heft 11, S. 546–551, 1988.
- Schlittgen, R.: Multivariate Statistik. Oldenbourg Verlag, München, 2009.
- Seifert, H.: Ermittlung sanierungsbedingter Werterhöhungen nach dem »Modell Niedersachsen« in der Rechtsprechung niedersächsischer Gerichte. VR 61, Heft 4+5, S. 237–250, 1999.
- Stege, J.: Das »Niedersachsen-Modell« in der Rechtsprechung des OVG. Nachrichten der Nds. Verm.- und Katasterverwaltung 43, Heft 1, S. 54–56, 1993.

Anschrift des Autors

Prof. Dr.-Ing. Erich Kanngieser
Universität für Baukunst und Metropolenentwicklung
Forschungsgruppe »Immobilie und Stadt« der HafenCity Universität
Überseeallee 16, 20457 Hamburg
erich.kanngieser@hcu-hamburg.de

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