

# Neuentwicklungen im Bewertungsinformationssystem Hamburg

Erich Kanngieser und Walter Schuhr

## Zusammenfassung

Das Bewertungsinformationssystem Hamburg ermöglicht die digitale Führung von Informationen über Kauffälle von Grundstücken sowie die Analyse wertbeeinflussender Merkmale des Grundstücksmarktes durch Einsatz optimierter mathematisch-statistischer Verfahren. Die empirischen Daten der Zufallsexperimente können redigiert, selektiert und nach modernen statistischen Methoden modelliert und analysiert werden. Dieser Artikel beschreibt den Inhalt und die neuen Entwicklungen in dem in den Jahren 1998 bis 2003 aufgebauten Bewertungsinformationssystem Hamburg.

## 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 of real estates in redevelopment zones according to the German planning law. This can be done by making use of analogue and digital data sources, but to obtain completeness, accuracy and up-to-dateness, the criteria of quality, additional work is required. These tasks are executed by using digital techniques and the presentation of the results proceeds to modern information technologies.*

## 1 Einleitung

Die Ermittlung von Verkehrswerten bebauter und unbebauter Grundstücke und von Rechten an Grundstücken erfolgt in Deutschland nach den Rechtsnormen des Baugesetzbuches, der Baunutzungsverordnung, der Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen, der Wertermittlungsverordnung und der Wertermittlungsrichtlinien. Die Vorschriften zur Wertermittlung sind auf das bundeseinheitlich Notwendige beschränkt. Im Interesse einer einheitlichen Rechtsanwendung hat der Bundesgesetzgeber nur Vorschriften über allgemeine Grundsätze der Verkehrswertermittlung erlassen und die Landesregierungen ermächtigt, das Bundesrecht durch landesrechtliche Regelungen zu konkretisieren. § 199 (2) BauGB stellt einen Katalog unbedingt regelungsbedürftiger Punkte dar. Der Bundesgesetzgeber hat den Landesregierungen ein beträchtliches Maß an Gestaltungsfreiheit

eingerräumt. Die Wertermittlungsverordnung enthält für die Institute Gutachten und erforderliche Daten das materielle Recht, die Durchführungsverordnung der Länder das allgemeine Verfahrensrecht. Der Bundesgesetzgeber hat darüber hinaus keine Regelungen getroffen. Daher muss bei der Form und dem Inhalt von Gutachten sowie bezüglich der Aufbereitung erforderlicher Daten die langjährige Bewertungspraxis, die partiell auf Rechtsprechung und allgemeine Grundsätze gestützt werden kann, fortgesetzt werden. Die Gutachterausschüsse haben sich bei der Erfüllung ihrer durch Bundes- und Landesrecht übertragenen Aufgaben an dem Geschehen auf dem Grundstücks- und Wohnungsmarkt zu orientieren. Vereinbarte Kaufpreise, Mieten und Pachten sind wichtige Erkenntnisquellen. Für die sachgerechte und wirtschaftliche Erledigung der Aufgaben ist es unerlässlich, dass die Gutachterausschüsse über entsprechendes Vergleichsmaterial verfügen. Das ist sichergestellt durch die Übersendungspflicht nach § 195 Abs. 1 BauGB und die Übermittlung von Daten nach § 18 DVBAuGB. Der Verordnungsgeber ist durch § 199 Abs. 2 Nr. 4 BauGB ermächtigt worden, die Führung und Auswertung der Kaufpreissammlung zu regeln. In der Begründung zu § 21 DVBAuGB ist darauf hingewiesen worden, dass die Kaufpreissammlungen landeseinheitlich in automatisierter Form geführt werden und infolge dessen auf weitere Regelungen verzichtet werden könne. Die Prinzipien für die Führung und Auswertung der Kaufpreissammlung haben der »Beschreibung der Elemente der Kaufpreissammlung« und der Software zugrunde gelegen und werden durch diese manifestiert. Es sollen grundsätzlich alle wertrelevanten Daten in die Kaufpreissammlung übernommen werden: die aus den Unterlagen nach § 195 Abs. 1 BauGB, die nach § 18 DVBAuGB ermittelten Daten und die auf Grund des § 197 BauGB abgefragten Daten. Nur in Ausnahmefällen soll eine ergänzende manuell geführte Datei in Betracht kommen, wie etwa für den Nachweis der Ausgleichsbeträge nach den §§ 152 ff. BauGB. Das Bundesverfassungsgericht hat entschieden, dass die Weitergabe von Daten zu wissenschaftlichen Zwecken mit dem Grundgesetz vereinbar ist. Es gestattet für wissenschaftliche Zwecke die Übermittlung bestimmter Einzelangaben an Amtsträger und für den öffentlichen Dienst besonders Verpflichtete. Die Übermittlung hat sich in den Grenzen des für wissenschaftliche Zwecke Erforderlichen zu halten. Name und Anschrift dürfen überhaupt nicht weitergegeben werden. Die Regelung folgt damit der Erkenntnis, dass für die meisten Untersuchungsbereiche ein direkter Personenbezug nicht erforderlich ist. Einige Bundesländer haben in ihre Landes-

datenschutzgesetzliche Forschungsklauseln eingefügt, die darin übereinstimmen, dass eine Verarbeitung personenbezogener Daten für wissenschaftliche Zwecke durch Hochschulen und andere öffentliche Einrichtungen mit der Aufgabe unabhängiger wissenschaftlicher Forschung nur zulässig ist, wenn ein konkretes Forschungsvorhaben durchgeführt wird und die Einwilligung der Betroffenen vorliegt oder ihre schutzwürdigen Belange nicht beeinträchtigt werden. Unter diesen Voraussetzungen können an Forschungseinrichtungen von anderen öffentlichen Stellen personenbezogene Daten übermittelt werden. Danach ist es unbedenklich, Daten aus der Kaufpreissammlung auf Antrag an Hochschulen für wissenschaftliche Zwecke in anonymisierter Form und flächendeckend weiterzugeben. Diesen gesetzlichen Grundlagen und Entscheidungen ist es zu verdanken, dass die nachfolgenden Entwicklungen und Analysen möglich waren (Kanngieser/Schuhr 1997).

## 2 Aufbau des Bewertungsinformationssystems Hamburg

Im Kompetenzzentrum »Grundstückswertermittlung« des Fachbereichs Geomatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg wurde in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Landesverwaltungen und kommunalen Dienststellen Datensammlungen für die Analyse wertbeeinflussender Parameter für die Wertermittlungspraxis erstellt. Die mathematischen Modelle zur Auswertung der Datensammlungen basieren auf funktionalen (Trendabsplattungen, Regressionsanalysen) oder stochastischen (Kollokation, Prädiktion, EM-Algorithmus) Verfahren. Die erfassten digitalen Daten werden gespeichert, redigiert, selektiert, modelliert und analysiert sowie grafisch oder alphanumerisch ausgegeben. Ziel des Bewertungsinformationssystems Hamburg (BIS Hamburg) ist die optimierte Erledigung aller Aufgaben, die in Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Kompetenzzentrums »Grundstückswertermittlung« anfallen. Während die privaten Grundstückssachverständigen für bebaute und unbebaute Grundstücke eine objektbezogene Transparenz in Form von Verkehrswertgutachten ermöglichen, befasst sich das Bewertungsinformationssystem Hamburg mit den für die Wertermittlung erforderlichen stochastischen Parametern (siehe auch Kertscher 1999, Ziegenbein 1995, 1999). Diese bieten den privaten Grundstückssachverständigen, der Wirtschaft und der Verwaltung wichtige Informationen z. B. für die Erstellung von Verkehrsgutachten, für die Beleihung, für den Verkauf von Grundstücken etc.. Es werden nur solche Informationen gesammelt, die auf ein marktgängiges Objekt normiert werden können und die für ein bestimmtes Forschungsziel erforderlich sind.

### 2.1 Bestimmung sanierungsbedingter Wertsteigerungen

Ein wichtiges Themengebiet im BIS Hamburg ist die Ermittlung sanierungsbedingter Wertsteigerungen in städtebaulichen Sanierungsgebieten (Kanngieser 1991). Die Quantifizierung sanierungsbedingter Erhöhungen von Bodenwerten spiegelt sich in den diversen Modellierungen aus den empirischen Daten aus Sanierungsgebieten wieder, wobei die berechneten Modelle für Grundstückssachverständige und Anwender des Sanierungsrechts zu einem feststehenden Begriff geworden sind. Nach § 136 Abs. 2 BauGB sind städtebauliche Sanierungen Maßnahmen, durch die ein Gebiet zur Behebung städtebaulicher Missstände wesentlich verbessert oder umgestaltet wird. Der Gesetzgeber hat bei den städtebaulichen Missständen nach Substanzschwächen und Funktionsschwächen differenziert und diese durch Aufzählung der wichtigsten Umstände präzisiert. In der Praxis werden regelmäßig beide Grundtypen zusammentreffen, wobei der eine oder der andere Tatbestand überwiegen kann. Ein Gebiet wird wesentlich verbessert, wenn unter Aufrechterhaltung der Gebietsstruktur bauliche oder sonstige Anlagen errichtet, modernisiert, instand gesetzt oder erhalten werden. Eine Umgestaltung ist dann gegeben, wenn die Art der baulichen oder sonstigen Nutzung, das Maß der baulichen Nutzung, die Bauweise, die überschaubaren Grundstücksflächen oder die Erschließung verändert werden. Entgegen früherer Auffassung ist festgestellt worden, dass es zur Behebung nicht erforderlich ist, alle städtebaulichen Missstände zu beseitigen. Es reicht aus, wenn die vorhandenen Missstände wesentlich gemindert oder durch die Maßnahmen der Gemeinde private Investitionen so angeregt werden, dass sich der notwendige Umstrukturierungs- und Erneuerungsprozess aus eigener Kraft weiter vollziehen kann. Danach können Maßnahmen unterhalb des Standards liegen, der für die vollkommene Behebung der Missstände erforderlich wäre. Überschreiten dürfen sie diesen Standard sicher nicht, andernfalls würde ein Zustand erreicht, der über den Standard nach Behebung der Missstände hinausgeht und so von dem postulierten Sanierungszweck abweicht. Allerdings wird es aus technischen und möglicherweise auch aus anderen Gründen nicht immer möglich sein, diese Grenze exakt einzuhalten. Abweichungen sind unter diesen Umständen unvermeidbar und insoweit auch zu vertreten. Hierbei wird unterstellt, dass bei der Beurteilung städtebaulicher Missstände und der zu ihrer Behebung erforderlichen Maßnahmen stets von dem aktuellen Stand der Planung ausgegangen wird. Die Vorbereitung der städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen ist Aufgabe der Gemeinde. Die Durchführung umfasst die Ordnungsmaßnahmen und die Baumaßnahmen. Die Durchführung der Ordnungsmaßnahmen obliegt der Gemeinde und die der Baumaßnahmen grundsätzlich den Eigentümern. Den Gemeinden stehen zwei Verfahrensarten zur Verfügung. Die klassische Sanierung unter Anwendung der besonde-

ren sanierungsrechtlichen Vorschriften der §§ 152 bis 156 BauGB sowie das vereinfachte Verfahren, mit dem die Anwendung der besonderen sanierungsrechtlichen Vorschriften ausgeschlossen wird, wenn sie für die Durchführung der Sanierung nicht erforderlich sind und die Durchführung hierdurch voraussichtlich nicht erschwert wird. Das wird vor allem in Betracht kommen, wenn lediglich eine Gebietsverbesserung in Frage kommt und Ordnungsmaßnahmen nicht erforderlich werden.

Das Ausgleichsbetragsrecht ist ausschließlich im klassischen Verfahren anzuwenden. Es kommt in Frage für förmlich festgelegte Sanierungsgebiete, nach § 142 Abs. 2 BauGB für förmlich festgelegte Ersatz- und Ergänzungsgebiete und nach Maßgabe des § 170 BauGB auch für Anpassungsgebiete. Nach § 154 Abs. 1 BauGB entspricht der Ausgleichsbetrag der durch die Sanierung bedingten Erhöhung des Bodenwertes. Diese wird in Abs. 2 definiert als die Differenz zwischen Anfangswert und Endwert. Hierbei wird ausschließlich auf Bodenwerte abgestellt. Auf andere Vorteile, auf Kosten oder sonstige Umstände kommt es hierbei nicht an. Die Frage, ob für den Bodenwert bebauter Grundstücke der Zustand zugrunde zu legen ist, als wäre das Grundstück unbebaut, oder ob etwaige Beeinträchtigungen durch die vorhandene Bebauung zu berücksichtigen sind, ist im Zusammenhang mit der Regelung des § 142 Abs. 2 BauGB und den Vorschriften über die Bodenrichtwerte kontrovers diskutiert worden. Für die Bemessung von Ausgleichsbeträgen ist maßgebende Kommentarmeinung, dass als Anfangs- und Endwert bebauter Grundstücke grundsätzlich der Bodenwert zu ermitteln sei, der sich für das unbebaute Grundstück ergeben würde. Zu berücksichtigen seien jedoch die tatsächlichen Gegebenheiten einschließlich der Bebauung der näheren Umgebung. Es ist in § 24 Abs. 2 Satz 1 der Wertermittlungsverordnung festgelegt worden, dass der Bodenwert durch Vergleich mit entsprechenden unbebauten Grundstücken zu ermitteln ist. Die sanierungsbedingte Erhöhung des Bodenwertes entspricht der Gesamtheit der unter dem Oberbegriff der Sanierung zusammenzufassenden Einzelmaßnahmen. Es ist daher nicht erforderlich, einzelne Maßnahmen in ihrer werterhöhenden Wirkung zu bestimmen. Das eröffnet die Möglichkeit, die wertrelevanten Umstände unter wertermittlungsspezifischen Gesichtspunkten zu strukturieren und zusammenzufassen. Außerdem ist es nach herrschender Auffassung zulässig, die Bodenwerterhöhung direkt zu ermitteln. Sanierungsbedingte Erhöhungen von Bodenwerten sind zu ermitteln für die Festsetzung von Ausgleichsbeträgen, Ablösung von Ausgleichsbeträgen, vorzeitige Festsetzung von Ausgleichsbeträgen, Erhebung von Vorauszahlungen von Ausgleichsbeträgen, sowie für die Beurteilung wegen des Absehens von der Festsetzung von Ausgleichsbeträgen. Darüber hinaus können sanierungsbedingte Bodenwerterhöhungen im Rahmen der Ermittlung von Neuordnungswerten nach § 153 Abs. 4 BauGB und der Entscheidung nach § 155 Abs. 4 BauGB erheblich sein.

Die Ermittlung von Bodenwerterhöhungen mittels eines Klassifikationssystems ist ein indirektes Vergleichswertverfahren (Kanngieser 1991). Das Klassifikationssystem besteht aus je einem Rahmen für Missstände und für Maßnahmen. Die Klassifikationsrahmen sind nach wertermittlungsspezifischen Gesichtspunkten in vier Komplexe und diese wiederum in je zehn Klassen gegliedert. Die vier Komplexe sind: Bebauung, Struktur (Eigentumsverhältnisse, Erschließung), Nutzung (Verdichtung, Gemengelage), sowie Umfeld (Verkehr, Infrastruktur). Die wertrelevanten Umstände sind nach ihren empirisch bestimmten Gewichten und auf der Grundlage von Quervergleichen der Klassen eins (geringste Auswirkung) bis zehn (größte Auswirkung) zugeordnet. Die Parameter Missstände und Maßnahmen sind das arithmetische Mittel der Klassenwerte aller vier Komplexe. Die Klassen sind jeweils durch ein typisches Merkmal belegt. Hinter fast jedem Merkmal stehen noch andere gleichrangige Tatbestände. Auf Anregung der Gutachterausschüsse sind etliche Klassen durch weitere Merkmale ergänzt worden. Es ist dennoch nicht möglich, im konkreten Fall stets ein identisches Merkmal zu finden. Es muss daher, wenn die Klassifikationsrahmen keine mit den Vorgaben übereinstimmende Ausprägungen enthalten, durch Vergleich hinsichtlich Bedeutung und Gewicht, gegebenenfalls noch anderer wertrelevanter Umstände, die zutreffende Klasse ermittelt werden. Entsprechend ist bei Tatbeständen zu verfahren, die von unterschiedlicher Qualität sein können, aber nur durch ein Merkmal wiedergegeben sind (Kanngieser/Bodenstein 1990).

Nach der Erfassung und Qualifizierung der Sanierungstatbestände (Missstände, Maßnahmen) und der Aufbereitung entsprechend der Qualifizierung in den beiden Klassifizierungsrahmen kann die Werterhöhung mit Hilfe der aus den beiden Klassifizierungsrahmen abgeleiteten Parametern  $x_{MI}$  (Mittelwert der Missstände),  $x_{MA}$  (Mittelwert der Maßnahmen) und dem Anfangswert aus den Modellen sanierungsbedingter Werterhöhungen entnommen werden. Die Herleitung der bisherigen Modelle einschließlich der Datenphase 3 und die Beschreibung des in dem Modellen enthaltenen empirischen Datenmaterials ist detailliert in Kanngieser und Bodenstein (1990, 1994) publiziert. In diesen empirischen Modellen sind Daten aus Berlin, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz enthalten. Die Daten der DSW (Datensammlung sanierungsbedingte Werterhöhungen) führten in der Datenphase 3 zu vier Oberklassen. In Kanngieser und Bodenstein (1990) und (1994) sind die Resultate der vier Oberklassen dargestellt. Die Modelle in den einzelnen Abbildungen sind durch einfache arithmetische Mittelbildung mit einem Sammelradius bis zur 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 4 wurde die Konzeption der Nutzung von Approximationsalgorithmen bei der Modellierung verlassen

und der Übergang zu strengen statistischen Algorithmen gefördert, da das umfangreiche Datenmaterial inzwischen Kovarianzfunktionen hoher Sicherheitswahrscheinlichkeit liefert. Das umfangreiche Datenmaterial ermöglichte auch eine neue Oberklasseneinteilung.

## 2.2 Ermittlung von Marktanpassungsfaktoren

Ein weiteres Themengebiet im BIS Hamburg ist die Ermittlung überzeugender und nachprüfbarer Marktanpassungsfaktoren. Zum Beispiel erfolgt die Sachwertberechnung eines Bewertungsobjektes nach bautechnischen Konditionen, wobei die für den Verkehrswert wesentlichen Gesichtspunkte, wie die Lage auf dem Grundstücksmarkt und die Besonderheiten des Objektes, unberücksichtigt bleiben. Daher muss der Sachwert noch an die Marktlage angepasst werden. Dies sollte nicht auf Grund von Korrekturen aus subjektiven Schätz- oder Erfahrungswerten der Gutachter geschehen. Statistische Untersuchungen von Kaufpreisen liefern Faktoren, die einfache und mathematisch begründbare Korrekturen für den Sachwert liefern. Exemplarisch sind für die Ableitung von Marktanpassungsfaktoren für Sachwerte Stichproben mittels statistischer Verfahren ausgewertet worden, die einzeln stehende Gebäude mit einem oberirdischen Vollgeschoss und ausgebautem Dachgeschoss umfassen. Die Gebäude sind zwischen 1950 und 1996 erbaut worden und zwischen 1996 und 2000 verkauft worden. Sie sind teilweise oder voll unterkellert und die Kaufverträge sind zwischen dem Erst- und Zweitbesitzer abgeschlossen worden. Die Korrekturwerte für die Marktanpassung sind vom Kaufzeitpunkt, der Bruttogrundfläche, der Grundstücksfläche, dem Baujahr sowie der Gebäudequalität abhängig, wobei die beiden letztgenannten Einflussgrößen hochkorreliert sind. Die Resultate können digital oder in anschaulichen Grafiken dargestellt werden.

## 2.3 Analyse von Lagewerten

Außer Marktanpassungsfaktoren liefert das BIS Hamburg auch Lagewerte für Gebiete, in denen keine oder nur wenige Kauffälle vorhanden sind. Die Lage kann in die äußere, innere Verkehrslage sowie die Wohnlage unterteilt werden. Bei der äußeren Verkehrslage wird als Zielgröße der Bodenrichtwert gewählt. Die Merkmale, wie z. B. die Entfernung eines Ortes zum nächsten Mittel- oder Oberzentrum, die Anzahl der Einwohner, der Planungsstand nach dem Regionalplan, die Lage zu Bundesstraßen, von denen ein Einfluss auf den Richtwert zu erwarten ist, wurden digital erfasst. Für den Teilmarkt »unbebaute Wohnbaugrundstücke« (Kanngieser et al. 1994) wurde der Bodenwert durch die Einflüsse aller Merkmale auf die Zielgröße mittels multipler Regressionsanalyse bestimmt. Dabei erweisen sich die Merkmale »Planungsstand« und »Lage zur Bundesstraße« als

nicht signifikant und müssen herausgenommen werden. Bei dem Merkmal »Einwohner« zeigt sich ein Anpassungsmangel durch eine systematische Verschiebung der Residuen. Größere Orte bilden Nebenzentren. Dieser Status bewirkt eine Preiserhöhung. Um eine sinnvolle Eingrenzung der Nebenzentren zu erhalten, wurden mehrere Regressionen gerechnet. Dabei wurde die Grenze der Einwohnerzahlen variiert. Als störende Realisierungen erwiesen sich besondere Orte und Orte mit mehr als 30.000 Einwohnern. Der Variationskoeffizient der als endgültig ermittelten Funktionen beträgt immer noch 30%. Dies zeigt, dass die Zielgröße durch die Einflussgrößen »Entfernung zum Zentrum« und »Einwohner« nicht vollständig erklärt wird. Für diverse Städte wurden Regressionsfunktionen berechnet. Um höhere Sicherheit zu erreichen, wurden abhängig von den Einwohnerzahlen Städteklassen gebildet. Als sinnvolle Größen für Orte, die eine Entfernungsabhängigkeit zum Zentrum aufweisen, werden Ortsgrößen von 1.000, 2.000, 5.000 und 10.000 Einwohner angesehen. Für jede dieser Ortsgrößen werden Bodenrichtwerte für einzelne Städte aus den jeweiligen Regressionsfunktionen für den Bereich von 6 bis 20 km in 2-km-Schritten berechnet. Aus allen Werten einer Entfernung wird ein Mittelwert gebildet. Dieser enthält den Faktor 1 und dient damit als Messgröße für alle Funktionen. Nun wird für jeden Bodenrichtwert ein Faktor berechnet. Dieser stellt den Quotienten aus dem einzelnen Bodenrichtwert und dem entsprechenden Mittelwert dar. Jetzt wird für jede Stadt ein von der Ortsgröße abhängiger Städtefaktor gebildet, indem die Faktoren der unterschiedlichen Entfernungen gemittelt werden. Bei der Einführung solcher ortsgroßenabhängiger Stadtfaktoren bleiben alle Abweichungen unter der 10%-Grenze. Dieses Modell ist für Entfernung und Einwohnergröße auf jede Stadt übertragbar. Zur Erstellung muss für die betreffende Stadt eine Regressionsfunktion ermittelt und die Stadtfaktoren aus den Abweichungen zu den Mittelwerten berechnet werden. Die Grundrichtwerte müssen in vertretbaren Zeitabständen korrigiert werden. Dagegen kann dann der einmal ermittelte Stadtfaktor bestehen bleiben. Eine Verallgemeinerung wäre durch Klassifikation der Städte möglich. Die innere Verkehrslage wurde für die Teilmärkte »Einfamilien-, Reihen-, und Doppelhausgrundstücke« sowie »Wohnungseigentum« exemplarisch in einem Stadtgebiet untersucht (Kanngieser et al. 1990). Dazu wurden Regressionsanalysen durchgeführt und lagebedingte Anpassungsmängel der Funktionen durch Residualanalysen in abgegrenzten Stadtgebieten erfasst. Für die einzelnen Wohnlagen wurden Lagefaktoren für ihre Einstufung ermittelt. Die Herleitung unterschiedlicher Lagewerte erfolgt aufbauend auf der rasterweisen Untersuchung in Abhängigkeit von den eingeführten Koordinatenbereichen der nach der Regression verbleibenden Residuen. Die Residuen innerhalb eines gebildeten Rasters werden auf signifikante Abweichungen von ihrem Erwartungswert Null hin untersucht. Positive Abweichungen der Residuen vom Erwartungswert

Null liegen dann vor, wenn Realisierungen höher sind als die dazugehörigen, mit der Regressionsfunktion berechneten Schätzwerte. Diese positiven Abweichungen sind dahingehend zu deuten, dass in dem jeweiligen untersuchten Raster gegenüber den durch die Regressionsfunktion erklärten Fällen bevorzugte Grundstückslagen vorliegen. Sind die Residuen dagegen negativ, so sind die ermittelten Schätzwerte höher als die Realisierungen der Kaufobjekte, d. h. es handelt sich in dem untersuchten Raster um weniger bevorzugte Grundstückslagen. Im Zuge der rasterweisen Untersuchung der Residuen wird auf der Grundlage der Student-Tests die so genannte *t*-verteilte Prüfgröße gebildet. Man erhält damit ein dimensionsloses und somit vergleichbares Maß zur Beurteilung der Abweichungen der Residuen von ihrem Erwartungswert Null. Aufbauend auf der *t*-verteilten Prüfgröße werden durch die Bildung unterschiedlicher Lagewerte die diversen Grundstückslagen erfasst. Mit der Einführung des Lagewertes als weitere Einflussgröße in die Regressionsfunktion soll erreicht werden, dass letztendlich die unterschiedlichen Wohnanlagen erfasst sind und die Residuen sich somit ihrem Erwartungswert nähern, d. h. die Prüfgröße *t* ebenfalls gegen Null strebt (Kanngieser/Schuhr 1997, 2001).

### 3 Künftige Arbeiten im Bewertungsinformationssystem Hamburg

Der Schwerpunkt der Entwicklungsaufgaben im BIS Hamburg liegt im Bereich der mathematischen Modellierung. Gegeben ist eine Anzahl von empirischen Daten stetiger Zufallsvariablen, wie z. B. Kaufpreise, die in einem Bezugssystem definiert sind. Dabei kann ein räumliches kartesisches Koordinatensystem, ein zweidimensionales Bezugssystem oder allgemein ein mehrdimensionales System unterschiedlicher Parameter benutzt werden. Für den Aufbau eines »Modells sanierungsbedingte Werterhöhungen« wird z. B. für die Werterhöhungen ein Missstände-Maßnahmen-Anfangswert-System als Referenz für die Stützpunkte (Euklidischer Raum) eingeführt, in denen die Werterhöhungen mit den unterschiedlichsten Verfahren bestimmt werden. Wegen der zu erwartenden Unregelmäßigkeit der Werterhöhungen in dem genannten System können diese funktional kaum modelliert werden. Daher bietet sich die auf stochastischen Prinzipien beruhende Kollokation an. Außer dem Trend sind in den Kaufpreisen, Werterhöhungen etc. neben zufälligen Unsicherheiten korrelierte Anteile enthalten, die durch Auto- und Kreuzkovarianzen modelliert werden. Für die empirische Schätzung der Kovarianzfelder wird der begrenzte Abstandsbereich zwischen den Stützpunkten im dreidimensionalen System in äquidistante Abstandsklassen eingeteilt. Die empirischen Kovarianzfelder resultieren aus Signalkovarianzen und Varianzen der zufälligen Unsicherheiten. Signale und zufällige Unsicherheiten

werden als nicht korreliert betrachtet, so dass reine Signalkovarianzen berechnet werden können. Zusätzlich werden Anisotropie und Inhomogenitäten analysiert und gegebenenfalls Transformationen des Stützpunktfeldes berechnet. Nach Ausgleichung der Kovarianzen können die Daten mittels des bekannten Kollokationsalgorithmus modelliert werden.

Als weiteres mathematisches Verfahren zur Modellierung in der Wertermittlungspraxis hat sich die multiple Regressionsanalyse durchgesetzt, bei der eine definierte Zielgröße als Funktion einer Anzahl von wertbeeinflussenden Merkmalen, den sogenannten Einflussgrößen, dargestellt wird. Es ist die für die Aufgabenstellung geeignete Zielgröße zweckmäßigerweise so auszuwählen, dass sie durch möglichst wenige Einflussgrößen erschöpfend erklärt wird und dass der Erhebungsaufwand gering bleibt. Die ermittelte Regressionsfunktion gibt häufig nur die allgemeine Abhängigkeit der Zielgröße von den Einflussgrößen an. Mit Hilfe der nach der Regression verbleibenden Residuen können sogenannte Anpassungsmängel der Regressionsfunktion untersucht werden. Die Residuen können z. B. rasterweise, d. h. in Abhängigkeit von eingeführten Koordinatenbereichen, auf signifikante Abweichungen von ihrem Erwartungswert Null analysiert werden. Die signifikanten Abweichungen der Residuen von Null zeigen dann die von der durch Regressionsfunktion repräsentierten Norm differierenden Eigenschaften an.

Neben der Ableitung diverser wertbeeinflussender Parameter mit unterschiedlichen stochastischen Verfahren bleibt die Optimierung der Modellierung sanierungsbedingter Werterhöhungen eine Hauptaufgabe im BIS Hamburg. Die Bestimmung sanierungsbedingter Werterhöhungen nach dem Modell Kanngieser/Bodenstein (Rehwald 1988) erfordert die Lösung von Klassifikationsproblemen mit unbekanntem Klassenparametrisierungen. Da mathematisch eine Modellzuordnung bei gleichzeitiger Parameterschätzung notwendig ist, bietet sich der aus der Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie stammende Expectation-Maximization-Algorithmus (EM-Algorithmus) an, der die Lösung der vorher genannten Aufgabe im Rahmen eines iterativen Prozesses ermöglicht. Üblicherweise wird bei der Parameterschätzung die Methode der kleinsten Quadrate, die Maximum Likelihood-Methode und die beste erwartungstreue Schätzung verwendet. Ebenso wie die genannten Schätzverfahren hat der EM-Algorithmus seine Grundlage in der Maximum Likelihood-Methode, wobei dieser Algorithmus sich aber insbesondere für die Schätzung von stochastischen Parametern mit unvollständigen Beobachtungsdaten eignet. Bei den fehlenden Beobachtungsdaten im Bereich der sanierungsbedingten Werterhöhungen handelt es sich um diskrete Zufallsvariable in definierten Oberklassen. Die erforderlichen Rechenvorschriften sind in Luxen/Brunn (2003) detailliert beschrieben. Der Schätzwert hängt von den zugrundeliegenden Nahrungswerten ab, so dass ein zweistufiges iteratives Verfahren nötig ist. Im ersten

Schritt wird die Kullbach-Leibler Statistik unter Verwendung von Näherungswerten für die unbekannt Parameter berechnet und im zweiten Schritt wird auf der Grundlage des Resultates des ersten Schrittes die Kullbach-Leibler Statistik durch Variation der unbekannt, festen Parameter maximiert, um zu verbesserten Schätzwerten zu kommen. Diese Schätzwerte sind dann in der weiteren Iteration die neuen Näherungswerte. Nach Vorgabe von Näherungswerten für die unbekannt Parameter wird das iterative Verfahren so lange angewendet, bis ein definiertes Abbruchkriterium erfüllt ist. Nachteilig ist, dass der Algorithmus nur langsam konvergiert. Nach Erfüllung des Abbruchkriteriums ergibt die letzte Iteration die geschätzten Parameter und mittels der Schätzwerte für die Standardabweichungen der Beobachtungen sowie mittels der Gewichtsmatrizen der letzten Iteration können die Kovarianzmatrizen berechnet werden.

#### 4 Ausblick

Im Arbeits- und Forschungsbereich »Planungswesen« des Fachbereichs Geomatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg werden mathematisch-statistische Verfahren so modifiziert und weiterentwickelt, dass sie im jeweiligen Grundstücksmarkt angewandt werden können. Neben der Ableitung wesentlicher Daten für die Verkehrswertermittlung, wie z. B. die Bodenpreisermittlung unbebauter Grundstücke oder die Bestimmung des Lageeinflusses bei bebauten Grundstücken, werden insbesondere Modelle sanierungsbedingter Werterhöhungen nach modernen statistischen Verfahren entwickelt. Kaufpreissammlungen können durch die Bildung von speziellen Stichproben detailliert ausgewertet werden, wobei stochastische Parameter der Verkehrswertermittlung signifikant analysiert werden können. Für Gebiete, in denen nur wenige Kauffälle vorhanden sind, existieren im BIS Hamburg Lagewertigkeitsmodelle. Für diverse Teilmärkte sind Lagefaktoren vorhanden, so dass Grundstückssachverständige für spezielle Kaufobjekte damit Verkehrswerte bestimmen können, die auf empirisch gesicherten Untersuchungsergebnissen beruhen.

Städtebauliche Sanierungsgebiete bilden einen sehr speziellen Teilmarkt, da die marktwirtschaftlichen Regelungen in diesem Grundstücksmarkt auf Grund der gesetzlichen Normen eingeschränkt sind. Das in dem BIS Hamburg bisher implementierte Verfahren der Kollokation nach kleinsten Quadraten liefert Modelle sanierungsbedingter Werterhöhungen, die hypothesenfrei plausibelste Werte aus der umfangreichen empirischen Stichprobe liefert. Die Optimierung der Kollokationsresultate ist weitgehend abgeschlossen, da Homogenität und Stationarität nicht mehr vorausgesetzt werden müssen und auch nicht-isotrope Kovarianzfunktionen in den Berechnungen zur Anwendung kommen. Aktuelle empirische Modelle mit Anfangswerten in den Oberklassen bis

100 Euro, mehr als 100 Euro bis 200 Euro, mehr als 200 bis 300 Euro, mehr als 300 bis 400 Euro und mehr als 400 Euro sind berechnet und werden demnächst publiziert. Derzeit werden Experimente mit dem Expectation-Maximization-Algorithmus durchgeführt, um eine weitere Modelloptimierung für die Berechnung sanierungsbedingter Werterhöhungen zu ermöglichen. Der EM-Algorithmus erlaubt wahrscheinlich die Berechnung sanierungsbedingter Werterhöhungen mit noch höherer Sicherheitswahrscheinlichkeit und ohne hypothetische Festlegung der Oberklassen mit zuverlässigen korrespondierenden Kovarianzmatrizen. Außerdem ist vorgesehen, im BIS Hamburg auch Systemvergleiche verschiedener Algorithmen und Modelle (Kanngieser et al. 2000) durchzuführen.

#### Literatur

- Kanngieser, E.: Grundstückswertermittlung in städtebaulichen Sanierungsgebieten. *Wiss. Arbeiten der Univ. Hannover*, Nr. 172, S. 129–136, 1991.
- Kanngieser, E., Bodenstein, H.: Praktische Ermittlung von Bodenwerterhöhungen aufgrund städtebaulicher Sanierungsmaßnahmen. *GuG*, S. 147–152, 1990.
- Kanngieser, E., Bodenstein, H.: Genauigkeitsanalyse der Klassifikation von Sanierungsgebieten. *ZfV* 119, 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*, S. 17–23, 2000.
- Kanngieser, E., Kertscher, D., Deichsel, C.: Modellierung der Lageabhängigkeit von Bodenrichtwerten. *ZfV* 119, S. 527–538, 1994.
- Kanngieser, E., Kertscher, D., Vollmer, H.: Ein detailliertes Modell zur Bestimmung des Lageeinflusses bei der Verkehrswertermittlung bebauter Grundstücke. *ZfV* 115, S. 69–75, 1990.
- Kanngieser, E., Schuhr, W.: Bestimmung stochastischer Variabler in der Verkehrswertermittlung. *AVN*, S. 89–95, 1997.
- Kanngieser, E., Schuhr, W.: Aufbau des Bewertungsinformationssystem Hamburg. *GuG*, S. 350–354, 2001.
- Kertscher, D.: Anwendungsmöglichkeiten der automatisiert geführten Kaufpreissammlung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten. *Nachr. d. Nieders. Verm. u. Kat. Verw.* 49, Nr. 3, S. 134–144, 1999.
- Luxen, M., Brunn, A.: Parameterschätzung aus unvollständigen Beobachtungsdaten mittels des EM-Algorithmus. *zfv* 128, S. 71–78, 2003.
- Rehwal, H.-P.: Sanierungsbedingte Werterhöhungen, praktische Anwendung des Modells Kanngieser/Bodenstein. *ZfV* 113, S. 546–551, 1988.
- Ziegenbein, W.: Wertermittlungsinformationssystem Niedersachsen. *Nachr. d. Nieders. Verm. u. Kat. Verw.* 49, Nr. 3, S. 121–126, 1999.
- Ziegenbein, W.: Programmgesteuerte Regressionsanalyse und Vergleichswertermittlung im Programmsystem AKS. *Nachr. d. Nieders. Verm. u. Kat. Verw.* 45, Nr. 4, S. 321–331, 1995.

#### Anschrift der Autoren

Prof. Dr.-Ing. Erich Kanngieser  
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
 Fachbereich Geomatik  
 Forschungsbereich »Landmanagement«  
 Hebebrandstr. 1, 22297 Hamburg  
 e.kanngieser@rzn.haw-hamburg.de  
 www.haw-hamburg.de/geomatik

Prof. Dr.-Ing. Walter Schuhr  
 Hochschule Magdeburg-Stendal  
 Fachbereich Bauwesen  
 Breitscheidstr. 2, 39114 Magdeburg