



Datenqualität – Modellierung im GIS

Heinz Stanek ¹

¹ *Schwaigergasse 19/3/54, A-1210 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **82** (1–2), S. 14–20

1994

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Stanek_VGI_199404,  
Title = {Datenqualit{"a}t -- Modellierung im GIS},  
Author = {Stanek, Heinz},  
Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {14--20},  
Number = {1--2},  
Year = {1994},  
Volume = {82}  
}
```



Datenqualität - Modellierung im GIS

Heinz Starek, Wien

Zusammenfassung

Die zunehmende Bedeutung von Geographischen Informationssystemen (GIS) erfordert eine umfassende Beschreibung der Qualität aller Systembereiche. Die hohen finanziellen Investitionen für die Erstellung und Aktualisierung einerseits und die Tragweite von, auf GIS Auswertungen basierenden Entscheidungen andererseits, fordern klare Beschreibung von Qualität und Zuverlässigkeit solcher Systeme. Verschiedene Grundlagen wie Gesetze, technische Vorschriften und Normen müssen zur Festlegung eines Qualitätsmodelles berücksichtigt werden. Ziel des strukturierten Qualitätsmanagements ist die nachvollziehbare und verbindliche Festlegung von Qualitätsmerkmalen und deren Anwendungsmethodik. In dieser Arbeit wird primär die Beschreibung und Gliederung der Qualität von räumlichen Basisdaten untersucht. Ein universelles Qualitätsmodell wird formuliert und dessen Umsetzung an Hand spezieller Anwendungen gezeigt. Allgemeine Aspekte zur Bearbeitung und Darstellung von Qualitätsinformationen in GIS werden angegeben.

Abstract

Due to the increasing importance of Geographic Information Systems, it is necessary to maintain detailed quality cataloging in all system areas. The emphasis on quality assurance has to be made, due to on the one hand the high investment costs incurred embarking on a GIS project and on the other the levels of decisions taken based on information processed in such a GIS. Several basic parameters such as laws, technical rules and standards must be taken into consideration when defining a quality model. The main objective of a structured quality management is the normalised definition of the quality attributes and their usage. This paper describes mainly the structure and definitions for spacial data quality. A universal quality model will be developed and its implementation based on specific applications will be demonstrated. General aspects regarding the processing and presentation of quality information in a GIS will be given.

1. Einleitung

Die Hauptmotivation zur Einführung von GIS ist häufig die wirtschaftliche Mehrfachnutzung geographischer Basisdatensätze in verschiedenen Anwendungsbereichen. Darüber hinaus sollen Abfragen und Analysen in sehr kurzen Zeiträumen zur Verfügung stehen. Die Qualität der Abfrageergebnisse bzw. Analysen hängt dabei natürlich primär von der Qualität der Ausgangsdaten und von Methodik und Qualität der Weiterbearbeitung ab. Die Art der Beschreibung in auszuwählenden Qualitätsmerkmalen bildet ein Qualitätsmodell des Datenbestandes.

Insgesamt muß ein GIS als System, bestehend aus mehreren Komponenten gesehen werden. Hardware, Software und Datenbestand bilden im organisierten Zusammenspiel eine GIS. Die absehbare Lebenserwartung dieser Komponenten unterscheidet sich dabei wesentlich. So ist für Hardware ein Zeitraum von 3-5 Jahren, für Software 5-10 Jahre und für die Basisdaten ein Zeitraum von möglicherweise 20 Jahren anzusetzen. Die ersten beiden Komponenten werden also mehrfach ersetzt werden. Die Anpassung bzw. Übernahme von Daten in eine neue Hardware- bzw. Softwareumgebung muß unter Vermeidung von Qualitätsverlust sichergestellt werden. Dies setzt eine geeignete Dokumentation der Qualitätsmerkmale der Daten und der Bearbeitungsformen voraus. Viele bestehende Informationssysteme werden nunmehr auf GIS Anwendungen übertragen. Die einzubringenden Basisdaten sind bezüglich ihrer Qualitätsmerkmale heterogen. Bei der konventionellen Bearbeitung fließt das Wissen des Bearbeiters ein, um die Grundlagendaten richtig zu interpretieren und zu verarbeiten. Dieses Fachwissen muß auch bei der Übertragung in die Datenbasis eines GIS sinngemäß eingebracht werden. Wird dieser Punkt nicht berücksichtigt, kann mangelndes Fachwissen zu fehlerhaften Bearbeitungen im GIS führen.

Ein ähnliches Bild lässt sich auch aus der Analyse der Kosten für eine GIS ableiten. Eine Abschätzung in [3] gibt für Hardware 25 %, 10% für Software und 25% der Gesamtkosten für die Erstellung eines GIS an. Diese Angaben beziehen sich auf die Erstellung eines GIS und die damit unmittelbare Erfassung des Datenbestandes. Berücksichtigt man die Aufwendungen für die Fortführung der Basisdaten, wird sich das genannte Verhältnis noch deutlicher zur Datenkomponente verschieben. Der Wert, bzw. die erforderlichen finanziellen Aufwendungen des GIS liegen also primär in den Kosten für Erfassung und Wartung des Datenbestandes. Um so wichtiger ist es diesen Wert möglichst lange zu erhalten. Diese Überlegung zieht konsequenterweise die Nachführung des Datenmaterials nach sich. Der anzustrebende Aktualitätsgrad ist dabei eine Wirtschafts- und Qualitätsfaktor des gesamten GIS.

Die Beschreibung von Qualität im Zusammenhang mit GIS stellt eine komplexe Aufgabe dar. Das Zusammenwirken von drei Komponenten, deren unterschiedliche Lebensdauer und Werte, sowie die nicht eindeutig definierten Qualitätsansprüche an GIS Bearbeitungen bzw. Analysen, begründen die komplexe Qualitätsstruktur. Die Beschreibung bzw. Festlegung in geeigneten Merkmalen, sowie deren Überprüfung ist für die technische, wirtschaftliche und rechtliche Beziehung in Form eines festzulegenden Qualitätsmanagements unumgänglich.

2. Qualität in GIS Begriffe - Normen

Es ist für Produkte und Dienstleistungen eine erwartetes Ziel von möglichst hoher Qualität zu sein. Dieser allgemeinen Erwartungshaltung sind häufig wirtschaftliche und technische Rahmenbedingungen beizustellen. Eine sehr allgemeine Definition von Qualität [1] beschreibt diese als Gesamtheit der Eigenschaften und Merkmale eines Produktes oder einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung gegebener Erfordernisse beziehen. In dieser Definition fällt die Beziehung Produkt bzw. Tätigkeit und einer geeigneten Beschreibungsform (Merkmale) und Sollzustand (Erfordernisse) auf. Dieser Grundsatz ist auch aus dem Text der ISO 8402 abzulesen: Qualität ist "die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit (Produkt, Dienstleistung) bezüglich ihrer Eignung festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen".

Die normgerechte Bearbeitung von Qualitätsinformationen ist in der Normengruppe ISO 9000 bis 9004 festgeschrieben.

- ISO 9000 Leitfaden zur Auswahl und Anwendung
- ISO 9000-3 Leitfaden für die Anwendung von ISO 9001 auf die Entwicklung, Lieferung und Wartung von Software
- ISO 9001 Qualitätssicherungssysteme - Modell zur Darlegung der Qualitätssicherung in Entwicklung, Produktion und Montage
- ISO 9002 Qualitätssicherungssysteme - Modell zur Darlegung bei der Produktion und Montage
- ISO 9003 Qualitätssicherungssysteme - Modell zur Darlegung bei der Endprüfung
- ISO 9004 Qualitätsmanagement und Elemente eines Qualitätssicherungssystems

Diese Normengruppen stehen heute im Mittelpunkt des wirtschaftlichen Interesses bei der Zertifizierung von Unternehmen bzw. deren Produktionsformen. Primärer Grundsatz ist dabei die Offenlegung und Nachvollziehbarkeit von Qualitätssicherungsmaßnahmen und deren Dokumentation zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer. Diese werden hierarchisch in Handbuch des Qualitätsmanagement, Verfahrensanweisungen und letztendlich in Arbeitsanweisungen festgelegt. Für Qualitätsmanagement in GIS können eine Reihe von Ansätzen unmittelbar übertragen werden. Die Schwerpunkte bilden dabei Festlegung der Methodenbereiche, Datenbereiche und der Dokumentation. Die Anwendbarkeit auf Produkte und Dienstleistungen erlaubt

es alle der drei angesprochenen Komponenten eines GIS in dieser Normengruppe zu behandeln. Auch der deutliche Bezug auf Softwareerstellung und damit verbundene Dienstleistungen paßt gut in dieses Konzept. Insgesamt dürfte die Berücksichtigung dieser Normengruppe in Zukunft im fachlichen Bereich von GIS im Allgemeinen und im Bereich der Erfassung und Aktualisierung von räumlichen Basisdaten im Besonderen, große Bedeutung erlangen.

Die Datengewinnung des Basisdatenbestandes läßt sich nach [4] und in Anlehnung an ISO 9004-2 übersichtlich beschreiben. Ein anderer Bereich von technisch und zum Teil auch rechtlich verbindlichen Richtlinien ist in Form von nationalen und internationalen Normen und Standards definiert. Diese, speziell die Datenqualität betreffenden Richtlinien sollen im nächsten Abschnitt auszugsweise angegeben werden.

3. Qualitätsmodell für Basisdaten

Unter Basisdatenbestand soll im Folgenden die Gesamtheit aller raumbezogenen Informationen verstanden werden. Die Qualität dieser Informationen soll als Datenqualität bezeichnet werden. Die Bedeutung des Qualitätsmanagements der Basisdaten bei deren Bearbeitung in GIS zur Ableitung von Qualitätsangaben der Abfragen bzw. Analysen. Ist also die Qualitätsdokumentation der Basisdaten ausreichend, können auch die Auswirkungen der einzelnen Qualitätsmerkmale auf das Ergebnis angegeben werden. Um dieses Ziel zu erreichen ist die Festlegung von geeigneten Qualitätsmerkmalen der Basisdaten erforderlich. Ein weiterer Schritt ist die Formulierung geeigneter Modelle zur Beschreibung dieser Qualitätsmerkmale und deren Auswirkung.

Qualitätsmerkmale sollen jedes für sich einen möglichst unabhängigen Bereich des Qualitätsmodelles abdecken und in Summe die Qualität aller denkbaren Objekte vollständig beschreiben. Überraschenderweise wurden immer eine Gruppe von fünf bzw. sechs Parameter als Merkmale erkannt:

- Herkunft (Datenquelle, Maßstab, Erfassungsmethodik, Bearbeitungsformen wie Transformationen)
- Positionsgenauigkeit (Nachbarschaftsgenauigkeit, bereichsweise, absolute Genauigkeiten, Zuverlässigkeit, Punktbeziehungen)
- Attributgenauigkeit (Klassifizierungsgenauigkeit, Genauigkeit von Abgrenzungen)
- Logische Konsistenz (Topologie, Redundanz, Lücken)
- Vollständigkeit (Auflösung, Prüf- bzw. Testverfahren, Generalisierung, Klassifizierungsmethode)
- Aktualität (Datum Datenbankabfrage, rechtliche Gültigkeit, letzte, bzw. nächste Fortführung)

Bem.: Die Klammerinhalte geben Beispiel von relevanten Angaben wieder.

Eine gewisse Sonderstellung nimmt der erste Parameter - Herkunft - ein. Die entsprechenden Angaben sind zum Teil redundant mit jenen der fünf anderen Merkmale. Verschiedentlich wurde auch nur mittels dieses Merkmales eine Qualitätsmodell beschrieben [5]. Der Vorteil bei der Verwendung eines einzigen Merkmales liegt in der einfacheren Handhabung bei der Bearbeitung und bei der Verwaltung in Datenbanken. Die Grenzen dieses einfachen Qualitätsmodells wurden in [7] diskutiert. In abgegrenzten GIS Anwendungen konnten einparametrische Qualitätsmodelle erfolgreich eingesetzt werden. Die Beschränkung auf bestimmte Anwendungsbereiche steht jedoch im Widerspruch zur Mehrfachnutzung von Basisdaten in GIS. Generell sollte die Anzahl der Qualitätsmerkmale natürlich möglichst gering gehalten werden.

Standardisierungen aus den USA, etwa der U.S. Spatial Data Standard Part 1 "Data Quality" (1992) und der Digital Cartographic Data Standards Task Forces Part 3 "Digital Cartographic Data Quality" (1988) beschreiben ähnliche Qualitätsmodelle basierend auf obigen Qualitätsmerkmalen. Sinngemäß finden sich dies auch in den Data Quality Reporting Specifications des British Ordnance Survey. Teilbereiche dieses Modells werden auch in den Beschreibungen der RAV (Schweiz), der ATKIS bzw. ALK (Deutschland) und in der QENORM A2260 (Österreich) angesprochen.

Abbildung 1 demonstriert das Zusammenwirken von Qualitätsmerkmalen, Beschreibungsformaten und Raumbezug in einem Qualitätsmodell für Basisdaten.

Qualitätsmodell		
Qualitätsmerkmal	Beschreibungsformat	Raumbezug
Herkunft	freier Text	gesamter Datensatz
Positionsgenauigkeit	Kenngößen	Thema
Attributgenauigkeit	interner Verweis	Gebiet
logische Konsistenz	externer Verweis	Objekt
Vollständigkeit	Qualitätsfolie	Attribut
Aktualität		

Abb. 1: Qualitätsmodell für Basisdaten (adaptiert nach Caspary 1993 [4])

Eine vollständige Qualitätsdokumentation der räumlichen Basisdaten eines GIS sollten diesem Modell folgen. Die Umsetzung muß in der Konzeptionsphase eines GIS - Projektes berücksichtigt werden. Die Struktur der Basisdaten wird um geeignete Parameter zu erweitern sein. Objektorientierte Datenstrukturen werden bei der Modellierung eines Qualitätsmodells im Vorteil sein [13].

4. Anwendung des Qualitätsmodells in GIS

Die Festlegung innerhalb dieses Qualitätsmodells werden von der Gesamtheit aller, mit dem GIS bewältigbaren Aufgaben definiert. Diese müssen also eigentlich während der Planungsphase bereits bekannt sein. Die praktische Einschätzung zeigt jedoch, daß neue Anwendungen erst später formuliert werden. Der Nutzen des implementierten Qualitätsmodells ist dann die Überprüfung der Zulässigkeit einer bestimmten Bearbeitung.

Angaben zur Positionsgenauigkeiten lassen sich einerseits aus Beobachtungen (terrestrische Punktbestimmungsverfahren, GPS - Koordinaten bzw. Koordinatendifferenzen, Digitalisierungen) bestimmen oder sie werden aus gesetzlichen oder technischen Bestimmungen als zulässiger Maximalwert abgeleitet. Bei Verwendung des, aus Beobachtungen abgeleiteten Genauigkeitsmaßes wird die tatsächliche Genauigkeitssituation wiedergegeben. Im zweiten Fall wird die - gesetzlich - definierte Genauigkeit angesetzt. Dieser Wert ist dann für alle vergleichbaren Punkte gleich und muß nicht individuell je Punkt angegeben und gespeichert werden. In einem Qualitätsmodell sind also auch jene Bereiche anzugeben in denen das einzelne Merkmal festgelegt wird. Diese Festlegung kann zwischen einzelnen Merkmalen variieren.

Eine Möglichkeit Informationen des Qualitätsmodells zu benützen, ist die Visualisierung von einzelnen Qualitätsmerkmalen. In [9] wird auf bei der Darstellung von Polygonnetzen die dem Genauigkeitsbild entsprechende Verteilungsfunktion für die einzelne Polygonstrecke bestimmt

und visualisiert. Die Darstellung randscharfer Polygone wird durch eine, der berechneten Kovarianzfunktion und einer Wahrscheinlichkeit entsprechenden Flächendarstellung ersetzt. Bei dieser Vorgehensweise können neben den zufälligen Varianzen auch Korrelationen bzw. Kovarianzen berücksichtigt werden. Am *National Center for Geographic Information and Analysis* wurde eine Forschungsinitiative No 7 zum Bereich *Visualization of Accuracy* eingerichtet. Schwerpunkt ist dabei neben der Darstellung von Positionsgenauigkeiten auch die Visualisierung von Attributgenauigkeiten [6].

Die Anwendbarkeit des Qualitätsmodells wurde für verschiedene Anwendungsbereiche untersucht [11,12]. Ziel war die Überprüfung der vollständigen Beschreibung der qualitätsrelevanten Angaben durch fünf Merkmale. Die untersuchte Anwendung war dabei durch die vorhandenen Basisdaten und alle rechtliche und technischen Vorschriften definiert. Untersucht wurden die Umsetzung im Katasterbereich, Bearbeitung von Bebauungsbestimmungen und Navigation mit Seekarten. Die Analyse belegte die vollständige Beschreibung der Qualitätsanforderungen durch das Modell für diese drei Anwendungen. Es konnte dabei festgestellt werden daß die fünf Qualitätsmerkmale annähernd gleich häufig zugeordnet werden konnten. Insgesamt wurden für das Qualitätsmerkmal Aktualität die meisten Zuordnungen gefunden.

5. Rückwirkung Qualitätsmodell - GIS Funktionalität

In diesem Abschnitt soll die Auswirkung des Qualitätsmodells auf die Funktionalität eines GIS aufgezeigt werden. Dabei soll von der Implementierung des Qualitätsmodells ausgegangen werden und einige Teilaspekte näher beleuchtet werden.

Die Bearbeitung von Positionsgenauigkeiten hat in der Geodäsie lange Tradition. Häufig wird diese durch Genauigkeiten der Punkte durch bewährte Genauigkeitsmaße beschrieben. Die Verknüpfung von Beobachtungen verschiedener Genauigkeiten kann durch das wohl bekannte Varianzfortpflanzungsgesetz analytisch bestimmt werden. Werden überschüssige Beobachtungen in den Bearbeitungsprozeß aufgenommen sind Verfahren der Ausgleichsrechnung anzuwenden um Erwartungswerte und Varianzen für die gesuchten Parameter und deren Funktionen zu schätzen. Bei diesen Auswertungen stehen die Punkte bzw. deren Koordinaten im Vordergrund. In einem GIS muß jedoch gemäß Qualitätsmodell, der Raumbezug nicht die einzelne Koordinate oder der Punkt sein. Vielmehr kann diese an eine Kante oder eine Fläche geknüpft werden. Die beschriebenen Verfahren sind geeignet, auch für diese, als Funktionen von Punkten zu beschreibenden Raumbezüge Angaben zur Positionsgenauigkeit zu bestimmen. In [8] wird die Genauigkeitsinformation für Steigungen, welche aus einem digitalen Höhenmodell bestimmt wurden, abgeleitet und an synthetischen Oberflächen untersucht. Da häufig Höheninformationen als Attributinformationen aufgefaßt werden ist damit die Umsetzung für das Qualitätsmerkmal Attributgenauigkeit an einem Beispiel aufgezeigt. Für die Verarbeitung von kategorisierten Attributen und deren Genauigkeiten ist eine Umsetzung in [14] enthalten.

Neben der Beurteilung von Genauigkeiten, wird die Güte der Punktbestimmung bzw. der Beobachtungsanordnung durch die Zuverlässigkeitsanalyse bestimmt. Beurteilt wird dabei die Kontrollierbarkeit einzelner Beobachtungen durch die Gesamtheit der restlichen Beobachtungen. Die Angabe kann auch als Empfindlichkeit der einzelnen Beobachtung gegenüber groben Beobachtungsfehler interpretiert werden. Für Attributwerte wurden ähnliche Verfahren als Sensitivitätsanalyse angegeben [10].

Die Verarbeitung der anderen Qualitätsmerkmale, sowie jene von nicht kontinuierlichen Attributwerten erfordert besondere mathematische Beschreibungsformen. Derzeit wird sich die Bearbeitung auf die Visualisierung und die bedingte Bearbeitung im GIS beschränken. So ist etwa eine erforderlicher Aktualitätsgrad erfüllt oder nicht. Eine spezieller Bodentyp wird im zentralen Bereich einer klassifizierten Bereich eher richtig sein als Rand bzw. dem Verschnittbereich mit dem benachbarten Gebiet. Dabei liegt ein Punkt also entweder definitiv innerhalb, möglicherweise innerhalb, unsicher, möglicherweise außerhalb oder definitiv

außerhalb. Für eine Analyse kann die Lage des Punktes innerhalb eines error Bandes beschrieben werden [2].

Der Zugang durch ein allgemein anwendbares Qualitätsmodell erleichtert auch die Beschreibung und die Handhabung von Schnittstellen. Die weitgehende Unabhängigkeit der fünf Qualitätsmerkmale erleichtert die Übernahme von Basisdaten zwischen verschiedenen GIS Anwendungen. Die Mehrfachnutzung muß als wirtschaftlicher Faktor gesehen werden. Die Gewährleistung dieser Qualitätsangaben vorausgesetzt gestatten sie die Beurteilung ob und in welchem Ausmaß die Basisdaten übernommen werden können. Als Ergebnis muß auch die Erkenntnis, daß die Qualität der Basisdaten vollständig oder bereichsweise unbrauchbar sind, positiv bewertet werden. Gezielt und bedarfsgerecht kann dann die Erfassung der Basisdaten auf relevante Bereiche beschränkt werden.

6. Schlußfolgerungen

Der Aufbau und die Adaptierung von Datenbeständen als Basisdaten für GIS erfordert die Kenntnis der Qualität dieser Daten. Die Beschreibung dieser komplexen Qualitätsinformation soll in einem möglichst kompakten Qualitätsmodell möglich sein. Normiert werden damit die Beziehungen zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern. Für die Beschreibung des Qualitätsmanagements eines GIS Projektes insgesamt müssen die Komponenten Hardware, Software und Basisdaten in ein umfassendes Qualitätsmanagement eingebunden werden. Die unterschiedliche Lebensdauer und die anteiligen Aufwendungen erfordern eine Auftrennung der Qualitätsbeschreibung für die einzelnen Komponenten.

Ein Qualitätsmodell der Basisdaten kann aus einer Anzahl von Qualitätsmerkmalen gebildet werden. Diese beschreiben vollständig die für die Dokumentation und die Weiterverarbeitung erforderlichen Qualitätsanteile. Die Art der Beschreibung der einzelnen Merkmale und deren räumliche Bezugsform sind ebenfalls Bestandteile des Qualitätsmodells. Verschiedene GIS - Anwendungen können hinsichtlich einzelner Qualitätsmerkmale verglichen werden. Für die möglichst weitreichende Bewirtschaftung eines Datenbestandes sollte ein universelles Qualitätsmodell für die Erstellung und die Aktualisierung vorgesehen werden.

Die Verarbeitung von Qualitätsinformationen innerhalb eines GIS erlaubt es gezielt Basisdaten hinsichtlich deren Eignung zur testen, Ergänzungsmessungen zu planen, Ergebnisse einer GIS Bearbeitung mit Qualitätsangaben zu versehen und Risikobereiche (Fehlinterpretationen auf Grund unzureichender Qualität eines oder mehrere Merkmale) abzugrenzen.

Die Beschreibung von Datenqualität ist generell kein grundsätzlich neues Gebiet. In allen Fachbereichen wurden auch bisher Verfahren zur Qualitätsprüfung von geographischen Basisdaten eingesetzt. Die wirtschaftliche Notwendigkeit, Datenbestände mehrfach zu nutzen erfordert die Normierung dieser Verfahren. Die Normengruppe ISO 9000 - 9004 stellt die international anerkannte Grundlage zum Aufbau von Qualitätssicherungsmodellen für Produkte und Dienstleistungen dar und ist damit auch auf GIS - Projekt anwendbar.

Im Hinblick auf den hohen finanziellen Einsatz der für die Erfassung und Aktualisierung der Basisdaten erforderlich ist, wird Qualitätsbedürfnis bei GIS - Projekten immer deutlicher angesprochen werden.

Literatur

- [1] Birolini, A.: Qualität und Zuverlässigkeit technischer Systeme - Theorie, Praxis, Management 3. Aufl. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1991
- [2] Blakemore, M.: Generalization an Error in Spatial Databases Cartographica 21, 1984, S. 131-139
- [3] Caspary, W.: Qualitätsmerkmale von Geo-Daten Zeitschrift für Vermessungswesen 7/1992, S. 360-367.
- [4] Caspary, W.: Qualitätsaspekte bei Geoinformationssystemen Zeitschrift für Vermessungswesen 8/9 /1993, S. 444-450.
- [5] Chrisman, N.R. A theory of cartographic error and its measurement in digital data bases Auto-Carto 5, 1982. S. 159-168
- [6] Dutton, G.: Probability Filtering for Fuzzy Features NCGIA - Specialist Meeting, 1991
- [7] Frank, A.U.: Overlay Processing in Spatial Information Systems Auto-Carto 8, 1987
- [8] Kraus K.: Analysis of Geographical Data and Visualization of their Quality ISPRS XVII, Washington D.C., 1992, S. 741-748
- [9] Kraus, K., Hausstehner, K.: Visualisierung der Genauigkeit geometrischer Daten GIS Geo-Informationssysteme, Jg. 6, Heft 3/1993, S. 7-12
- [10] Lodwick, Wedon, A., Monson, W., Svoboda, L. Attribut Error and Sensitivity Analysis of Map Operations in Geographical Information Systems IJGIS 4, Heft 4 1990, S. 413-428
- [11] Stanek H., Frank, A.U.: GIS Based Decision Making must Consider Data Quality EGIS'93 Proceedings Geneva 1993
- [12] Stanek H., Frank, A.U.: Data Quality Requirements for GIS defined by Law: A Case Study UDMS'93 Proceedings Wien 1993, S. 79-89
- [13] Velsnik, H. On Geometrical Quality in Land Information System in OEEPE Workshop on Data Quality in Land Information Systems, Edts.: Koen, L.A., Kölbl, O., Apeldoorn NL, 1991
- [14] Veregin, H.: Error Modelling for the map overlay Operation in Goodchild M., Gopal, S.: Accuracy of Spatial Databases Taylor Francis, 1989, S. 3-18

Anschrift des Autors:

Dipl.-Ing. Dr. Stanek H.: Schwaigergasse 19/3/54, A-1210 Wien