

# **Semantische und Geometrische Integration von Geodaten**

Monika Sester, Birgit Kieler und Guido von Gosseln, Hannover

Published in: Kartographie als Baustein moderner Kommunikation, Symposium 2007 in Königsutter am Elm, Kartographische Schriften, Band 14, Kirschbaum Verlag Bonn, pp. 53-58, 2007.

# Semantische und Geometrische Integration von Geodaten

Monika Sester, Birgit Kieler und Guido von Gösseln  
Institut für Kartographie und Geoinformatik  
Leibniz Universität Hannover

## Zusammenfassung

Die integrierte Nutzung der mittlerweile in einer großen Fülle vorhandenen Geodaten erfordert ein Zusammenführen von Daten verschiedener Herkunft. Üblicherweise werden sich beim Zusammenstellen dieser Daten allerdings Unstimmigkeiten ergeben, die zum einen an den unterschiedlichen Erfassungsmodellen liegen, was dazu führt, dass gleiche Objekte mit unterschiedlichen Begriffen belegt sind. Hier ist zu klären, welche Objekte sich in den verschiedenen Datenbeständen entsprechen bzw. Zusammenhänge aufweisen. Zum anderen sind die Geometrien üblicherweise nicht exakt identisch, was u.a. an unterschiedlichen Maßstäben oder Erfassungsmethoden liegen kann. Für eine integrierte Weiterverarbeitung ist hier eine geometrische Adaption erforderlich. In diesem Beitrag wird zunächst die Problematik geschildert und anschließend werden Lösungswege für die semantische und die geometrische Integration vorgestellt.

## 1 Einführung und Übersicht

Digitale Datenbestände werden an vielen Stellen erfasst und mittlerweile über standardisierte Schnittstellen auch über das Internet zur Verfügung gestellt. Dies eröffnet prinzipiell die Möglichkeit, diese Daten für verschiedenste Anwendungen zusammenzuführen und durch Integration und Verschneidung neues Wissen zu generieren. Diese Interoperabilität erfordert jedoch, dass strukturelle, semantische und geometrische Unterschiede zwischen den Daten berücksichtigt werden müssen. Strukturelle Interoperabilität wird durch die mittlerweile etablierten Standards (ISO, OGC) erreicht. Problematisch ist jedoch, dass die Daten aufgrund unterschiedlicher Anwendungen und Anforderungen erstellt worden sind und damit unterschiedliche Repräsentationen aufweisen und unterschiedliche Inhalte haben. Um eine sinnvolle Integration zu ermöglichen, müssen die Inhalte vergleichbar gemacht werden.

Hierzu muss sichergestellt werden, dass die Semantik eines Datums zu der des zu integrierenden Datums passt. Wenn etwa in einem Datenbestand von „See“ gesprochen wird und im anderen Datenbestand von „Lake“, so ist ohne eine semantische Betrachtung nicht klar, dass es sich um identische Objektarten handelt. Um eine automatische Integration zu ermöglichen, ist es erforderlich zunächst festzustellen, welche semantischen Korrespondenzen es zwischen den Datenbeständen gibt. Diese semantische Interoperabilität kann nach Kuhn [2003] mit einem „semantischen Referenzsystem“ erreicht werden – hierzu sind Abbildungen bzw. Transformationen zwischen den jeweiligen Ontologien der zu integrierenden Datenbestände zu identifizieren. Um semantische Konzepte auf Gleichheit überprüfen zu können, schlagen Rodriguez et al. [1999] verschiedene Maße vor, die dann genutzt werden können, um die Relationen zwischen Ontologien zu beschreiben [Rodriguez & Egenhofer, 2003]. Kokla [2006] beschreibt verschiedene Möglichkeiten der Integration von Ontologien. Die Integration kann z.B. durch das Konzept multipler Repräsentationen erreicht werden [Balley et al., 2004, Vagenot, 2004]. Stoimenov & Djordjevic-Kajan [2002] beschreiben einen Ansatz, wo sie mögliche Relationen zwischen den Konzepten wie Gleichheit, Schnitt oder Inklusion festlegen. Transformationen zwischen Ontologien können natürlich auch manuell erstellt werden [Lutz et al., 2003]. In dem EU-Projekt GiMoDig, welches eine on-the-fly Harmonisierung und Generalisierung von topographischen Daten in Europa prototypisch verwirklichte, wurde folgendermaßen vorgegangen. Es wurden ein gemeinsames Datenschema entwickelt und Transformationsregeln für die Überführung der individuellen Datenbeschreibungen der Länder in dieses gemeinsame Schema aufgestellt [Sarjakoski et al., 2002]. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Ontologieabgleich datengetrieben zu erstellen (die sog. Instance-based Integration). Die Idee ist dabei, aus den Beziehungen von Instanzen von Modellen auf eine Beziehung der Modelle oder Ontologien zu schließen. Dieser Ansatz wurde von Volz [2006] und Duckham & Worboys [2005]

genutzt und liegt auch vorliegendem Bericht zugrunde. Die grundlegende Hypothese besteht in der Aussage, dass Geobjekte, die sich an der gleichen Stelle im Raum befinden und ähnliche geometrische Charakteristika aufweisen, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch eine semantische Beziehung haben.

Für das geometrische Matching und die geometrische Anpassung gibt es eine Fülle von Ansätzen. Eine der ersten Publikationen ist von Saalfeld [1988], der hierfür auch den Begriff „Conflation“ prägte. Ausgehend von geometrischen und topologischen Beziehungen können Transformationen zwischen den Datenbeständen ermittelt werden [Dowman & Ruskone, 1997, Walter, 1997, Sester, Hild & Fritsch, 1998, Hild, 2003]. Für die eigentliche Adaption werden oft der sog. Rubber-Sheeting-Ansatz gewählt [Doytsher, 2000]. Weitere Verfahren integrieren zusätzlich zu den generellen Verschiebungen auch die Möglichkeit, Objekteigenschaften (z.B. Rechtwinkligkeit) während der Anpassung zu erhalten [Hettwer & Benning, 2000]. Die Vergleichbarkeit der zugeordneten Objekte wird mit Hilfe von Ähnlichkeitsmaßen, etwa der Form, Langgestrecktheit und der Größe ermöglicht.

In diesem Beitrag werden Möglichkeiten der semantischen und geometrischen Integration vorgestellt. Für die semantische Integration wird die datengetriebene Methode angesetzt, die hier auf zweierlei Arten genutzt werden soll: zum einen werden Objekte geometrisch überlagert und aus ihrer räumlichen Koinzidenz wird auf eine semantische Beziehung geschlossen. Zum anderen ist es möglich, diese semantische Beziehung aufgrund von vergleichbaren geometrischen Objektbeschreibungen herzuleiten: liegt etwa eine detaillierte Beschreibung vor, wie sich Gebäude oder Flüsse in räumlichen Datenbeständen darstellen (etwa beschrieben durch Formparameter, Größe, Rechtwinkligkeit, ...), so können unbekannte Geobjekte diesem Modell aufgrund dieser Beschreibungselemente zugeordnet werden.

Die geometrische Anpassung kann auf unterschiedliche Arten und mit unterschiedlichen Zielvorstellungen erfolgen: zum einen kann das Ziel sein, Objekte des einen Datenbestandes auf die des zweiten exakt abzubilden. Hierzu sind Verschiebungsvektoren für alle individuellen Punkte eines Objektes zu ermitteln und anzubringen. Diese Vorgehensweise ist dann sinnvoll, wenn es eine eindeutige Priorisierung der Objekte gibt und etwa die Objekte des zweiten Datenbestandes von höherer Genauigkeit oder Bedeutung sind. Es ist allerdings auch möglich, eine Art mittlere Geometrie zwischen den Daten zu ermitteln. Hierzu werden Verfahren vorgestellt.

## 2 Beschreibung der eingesetzten Datensätze

In dieser Arbeit wurden zwei Datensätze zugrunde gelegt, die topographische Objekte beschreiben: ATKIS-Daten der deutschen Landesvermessung sowie GDF-Daten, welche primär für Navigationszwecke erhoben wurden und daher das Straßennetz in besonderer Detaillierungsstufe, aber auch weitere topographische Objekte enthalten. Die Maßstabbereiche von GDF und ATKIS sind ähnlich und liegen bei etwa 1:25.000. Für unsere Untersuchungen konzentrierten wir uns auf flächenhafte Objekte. In Tabelle 1 werden die Objektgruppen mit der Anzahl der darin enthaltenen Objekte vorgestellt, wie sie im 25 km<sup>2</sup> großen Testgebiet im Stadtgebiet von Hannover vorlagen. Die offensichtlich unterschiedliche Anzahl von Objekten in beiden Datenbeständen lässt auf unterschiedliche Modellierungsvorschriften schließen, nämlich dass ATKIS sehr viel detaillierter erfasst wird bzw. dass für GDF die flächenhaften Objekte sehr viel stärker aggregiert werden.

Datensatz	Objektgruppen		Anzahl der Objekte
GDF	wa (Wasserflächen)	Wasser	10
	lu (Landnutzung)	ft: 7170 Park, Garten ft: 9715 Industrieflächen	1 6
	lc (Landbedeckung)	z.B. Wald, Moor und Sand	3
	a8 (Verwaltungsgebiete)	Gemeinden	2
ATKIS	2000 (baulich geprägte Flächen)	z.B. Wohnbauflächen, Industrieflächen	754
	4000 (Vegetationsflächen)	z.B. Ackerland, Grünland, Moor, Wald	226
	5000 (Wasserflächen)	z.B. Strom, Kanal, Fluss, Bach, Teich	66
	7000 (Verwaltungsgebiete)	verschiedene Ordnungen (z.B. Gemeinde, Großstadt)	2

Tab. 1: Beschreibung der Objekte aus beiden Datenbeständen

### 3 Bestimmung semantisch vergleichbarer Objekte

Das Ziel liegt darin, semantisch vergleichbare Objekte oder Objektgruppen in den Datenbeständen zu identifizieren. Das Problem ist jedoch, dass es oft schwer fällt, die präzise Bedeutung der Objekte in den jeweiligen Datenbeständen explizit herauszuarbeiten, auch wenn dedizierte Objektartenkataloge wie der ATKIS-Objektartenkatalog vorliegen. Die individuelle Erfassung der Objekte durch menschliche Operateure nutzt weiteres, implizites Wissen für die Objekterfassung und Benennung, welches oft schwer zu formalisieren ist. Noch schwieriger ist es, zwei solche Objektartenkataloge ineinander zu überführen. Die Idee besteht daher darin, aus den Ergebnissen der menschlichen Interpretation und Datenerfassung, d.h. den konkret erfassten Objekten der Realwelt in beiden Datenbeständen, auf eine mögliche semantische Beziehung zu schließen. Hierzu werden die Objekte geometrisch überlagert. Gemäß obiger Hypothese wird aus dem Grad der geometrischen Übereinstimmung auf eine semantische Beziehung geschlossen.

Die Verschneidung der Daten eines Datensatzes mit allen Objekten des zweiten Datensatzes wird typischerweise nicht zu jeweils eindeutigen Matching-Partnern führen. Dies liegt zum einen darin, dass es geometrische Inkonsistenzen speziell an den Rändern der Objekte gibt. Zum anderen gibt es auch Überlagerungsobjekte, d.h. an einer Stelle im Raum befinden sich mehrere Objekte eines Datensatzes. Ein Beispiel hierfür ist das Objekt „Ortslage“ in ATKIS bzw. Verwaltungsgrenzen in beiden Datenbeständen. Um daher die möglichen Matching-Kandidaten einzuschränken, wird ein zusätzliches Größenkriterium für die Überlappungsfläche eingeführt (Gleichung 1). Hier geht das Verhältnis  $V$  von Schnittfläche  $S$  und Originalobjektfläche  $O$  ein (vgl. Abbildung 1):

$$V_i = \frac{S \cdot 100 \%}{O_i} \quad \text{mit} \quad i = 1,2 \quad (1)$$

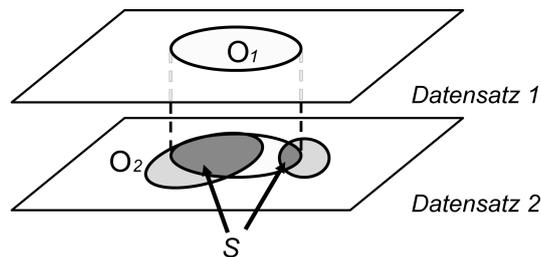
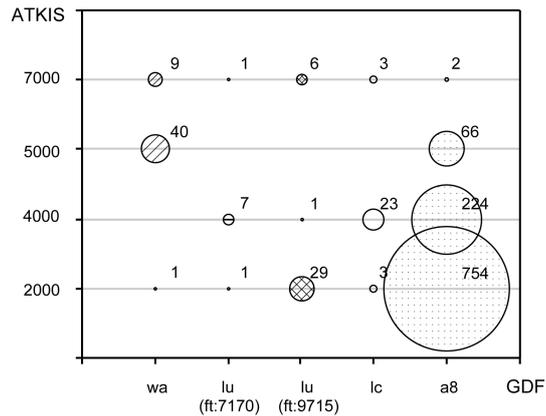


Abb. 1: Verhältnis  $V$  zwischen Schnittfläche  $S$  und Objektgröße  $O_i$ .

Dieses Verhältnis wird jeweils für die Objekte aus beiden Datenbeständen bestimmt. Um kleinere geometrische Unterschiede zu berücksichtigen, können Objekte als Matching-Kandidaten angesehen werden, wenn dieses Verhältnis größer als 80% ist. Für den Fall einer 1:1-Übereinstimmung zwischen den Objekten muss gelten, dass dieses Verhältnis in beiden Richtungen gilt. Dies war im vorliegenden Datensatz jedoch nur für vier Objekte der Fall. Wie oben beschrieben, enthält der GDF-Datensatz sehr viele aggregierte Objekte. Beispielsweise wird ein Fluss in GDF als Gesamtobjekt modelliert, während er in ATKIS in mehrere Teilpolygone unterteilt ist. Daher wurden die Untersuchungen auf 1:n-Beziehungen erweitert, für die gefordert wird, dass das Verhältnis zwischen den Objekten mindestens in einer Richtung 80% sein muss.

Die Ergebnisse (vgl. Abbildung 2) zeigen, dass die Schnitte der Objektgruppe GDF-a8 (Verwaltungsgebiete) eine große Anzahl von Übereinstimmungen mit nahezu allen ATKIS-Objektgruppen ergeben. Dies lässt darauf schließen, dass die Objektgruppe GDF-a8 aus großen Objekten besteht, welche fast alle Objekte des anderen Datenbestandes beinhalten bzw. überlagern. Gleiches gilt für die Objektgruppe ATKIS-7000 (ebenfalls Verwaltungsgebiete), die sich auch mit fast allen GDF-Objektgruppen schneiden. Aus dieser Überlagerungscharakteristik kann darauf geschlossen werden, dass diese Objekte Überlagerungs- bzw. Containerobjekte darstellen.



**Abb. 2: Ergebnisse der 1:n-Zuordnungen mit Übereinstimmung  $V > 80\%$  (die jeweilige Anzahl der Matching-Kandidaten ist im Kreis angegeben)**

Die Untersuchung der anderen Übereinstimmungen zeigen dominante Beziehungen zwischen einzelnen Objektgruppen der beiden Datensätze auf, d.h. semantische Äquivalenzen. Diese bestehen z.B. zwischen ATKIS-2000 (baulich geprägte Flächen z.B. Industrieflächen) und GDF-lu (Landnutzung) mit dem Featuretyp 9715 (Industrieflächen) oder zwischen ATKIS-4000 (Vegetationsflächen) und GDF-lu (Landnutzung) mit Featuretyp 7170 (Park, Garten). Weitere Zuordnungen lassen sich finden zwischen ATKIS-4000 (Vegetationsflächen) und GDF-lc (Landbedeckung, z.B. Wald), sowie zwischen ATKIS-5000 (Wasserflächen) und GDF-wa (Wasserflächen), als ein sehr eindeutiges Beispiel.

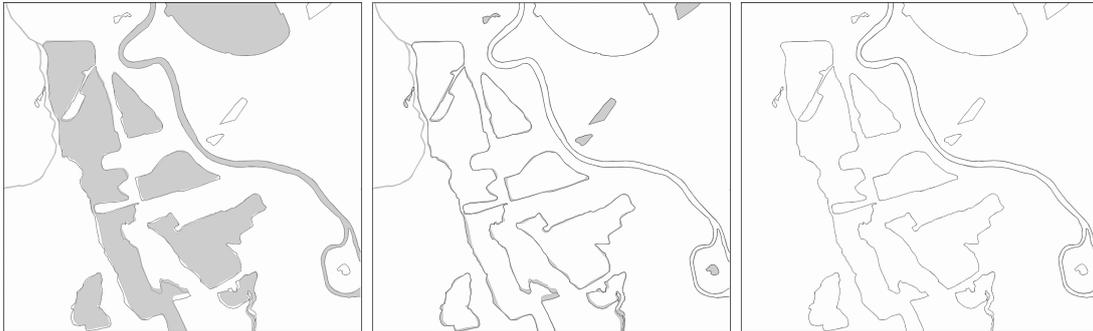
Dieser erste Schritt in der automatischen Bestimmung von zugeordneten semantischen Objekten erfolgte somit aufgrund geometrischer Analyse der Überlappungen. In weiteren Schritten sollen zusätzlich Formparameter der Objekte mit berücksichtigt werden, wie z.B. Kompaktheit, Langgestrecktheit oder Rechtwinkligkeit.

Das Ergebnis der Detektion der semantischen Zusammenhänge zwischen Objekten unterschiedlicher Herkunft (z.B. zwischen den Wasserobjekten in beiden Datenbeständen) kann im Folgenden genutzt werden, diese korrespondierenden Objekte exakt aufeinander anzupassen, um so einen fusionierten Datenbestand zu erzeugen und diesen in integrierten Analysen nutzen zu können.

## 4 Geometrische Integration und Adaption

Sind Zuordnungen zwischen heterogenen Datenbeständen bekannt, so können diese für eine gemeinsame Analyse genutzt werden. Typischerweise werden korrespondierende Objekte aber nicht exakt übereinstimmen – daher sind sie zunächst aneinander anzupassen bzw. zu fusionieren. Weiterhin handelt es sich meist nicht nur um 1:1-Beziehungen zwischen den Objektinstanzen, sondern es können auch 1:n-Beziehungen auftreten. Für die geometrische Integration und Adaption wurde ein automatischer Prozess entwickelt, der zunächst eine Grobanpassung der Objekte und anschließend eine Feinanpassung vorsieht. Im ersten Schritt wird der bekannte ICP Algorithmus [Besl & McKay, 1992] eingesetzt. Dieser ermöglicht eine Gesamtanpassung der Objekte auf Basis einer vorgegebenden Transformation – in unserem Fall wurde eine Ähnlichkeitstransformation genutzt. Ob die Objekte tatsächlich übereinstimmen, kann anhand der Transformationsparameter beurteilt werden: Es sollte weder eine zu große Skalierung vorliegen, noch eine zu große Rotation, d.h. die Skalierung sollte bei ca. 1 und die Rotation bei 0 liegen. Befinden sich die Werte nicht in diesem Bereich, so liegt die Vermutung nahe, dass größere Unterschiede zwischen den Daten vorherrschen und in diesem Fall eine Feinanpassung nicht sinnvoll ist. Ansonsten wird eine Anpassung der Geometrien vorgenommen. Hierzu werden zwischen allen Objektpunkten 1:1-Korrespondenzen gesucht; diese Zuordnungen können innerhalb vorgegebener Toleranzen eingeschränkt werden, um zu große Abweichungen der Objektbegrenzungen zu verhindern. Auf dieser Basis kann anschließend eine neue Geometrie abgeleitet werden: entweder ein Objekt wird vollkommen auf das andere transformiert – entlang des bestimmten Verschiebungsvektors, oder eine mittlere Geometrie kann bestimmt werden [v. Gösseln & Sester, 2006].

Abbildung 3 zeigt Beispiele für diese Angleichung. In diesem Beispiel wurde eine Anpassung der GDF-Objekte an die ATKIS-Objekte vorgenommen. Als Maß für die Güte der Anpassung wird die Symmetrische Differenz der Objekte vor und nach der Anpassung angegeben.



**Abb. 3: Ergebnisse des Anpassungsprozesses. Links: ATKIS (dunkle Umrisse) und GDF (gefüllte Flächen). Mitte: ATKIS und symmetrische Differenz zu GDF in grau vor der Anpassung und rechts: ATKIS und symmetrische Differenz nach der Anpassung.**

Das Ergebnis des Prozesses zeigt, dass für ähnliche Objekte eine perfekte Anpassung bestimmt werden kann. In den Fällen erfolgreicher 1:1-Zuordnungen liegt der Wert der symmetrischen Differenz bei 0; in den Fällen von 1:n-Zuordnungen gibt es typischerweise Lücken zwischen den aggregierten Objekten, daher wird die symmetrische Differenz auch keinen Wert = 0 ergeben. In einigen Fällen, wo es offensichtliche Unähnlichkeiten zwischen den Objekten gab, war keine Anpassung möglich. Schließlich gab es auch noch Fälle, wo die Fusion nicht erfolgreich war. Gründe hierfür liegen zum einen darin, dass die Objektbegrenzungen zu weit von einander entfernt sind (d.h. außerhalb des vorgegebenen Schwellwerts liegen); zum anderen können auch topologische Unterschiede zwischen den Datenbeständen auftreten, so dass keine 1:1-Beziehungen zwischen den Objekten gefunden werden können.

Die Summe der symmetrischen Differenzen aller Wasserobjekte vor dem Anpassungsprozess lag bei 134.536,88 m<sup>2</sup>. Nach der Anpassung wurden die Differenzen auf 60.554,46 m<sup>2</sup> verkleinert, was einer Verbesserung auf 45% entspricht. Werden hiervon noch die offensichtlichen Fälle eliminiert, bei denen keine Anpassung möglich ist, reduziert sich der Wert auf 16.311,71 m<sup>2</sup>, was 12% entspricht. Zu beachten ist, dass in diesem Wert die Flächen enthalten sind, die durch die Aggregation benachbarter Flächen entstehen.

Nachdem auf diese Weise alle individuellen Objekte angepasst wurden, kann daraus ein Verschiebungsvektorfeld generiert werden, welches es ermöglicht, auch weitere Objekte zu transformieren. Dies erfolgt über Rubber-Sheeting-Algorithmen.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Verfahren der Integration sind erforderlich, um die Fülle der heute schon verfügbaren Datensätze in sinnvoller Art und Weise verarbeiten und ihren Wert voll ausschöpfen zu können. In diesem Beitrag wurden Ergebnisse aktueller Arbeiten beschrieben. Im Bereich der semantischen Datenintegration sollen in Zukunft detaillierte Untersuchungen der Zuordnungen zwischen den Objektinstanzen erfolgen. Insbesondere sollen auch noch weitere Informationen in den Zuordnungsprozess mit einbezogen werden. Auch wird untersucht werden, inwieweit Generalisierungseffekte mit integriert werden können. Dies ist insbesondere auch für die geometrische Integration erforderlich – speziell dann, wenn die topologischen Beziehungen zwischen den Objekten nicht eindeutig sind. Hierzu sind Verfahren einzusetzen, wie sie beispielsweise von Mustière [2006] vorgestellt wurden.

## 6 Literatur

- Balley, S., Parent, C., Spaccapietra, S., 2004: Modelling geographic data with multiple representation. *International Journal of Geographical Information Science*, vol.18, n.4, pp.327-352.
- Besl, P.J. & McKay, N.D., 1992: A Method for Registration of 3-D Shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, IEEE Computer Society, (14): 239-256.
- Dowman, I. & Ruskoné, R., 1997: Extraction of polygonal features from satellite images for automatic registration: The ARCHANGEL project, in 'Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II) Monte Verità', Birkhäuser Verlag, Bern, pp. 343-354.
- Doytsher, Y., 2000: A rubber sheeting algorithm for non-rectangular maps, *Computers Geosciences*, Pergamon Press, Inc., 26: 1001-1010.
- Duckham, M., Worboys, M.F., 2005: An algebraic approach to automated information fusion. *International Journal of Geographical Information Science*. v19 n5, 537-557.
- Hettwer, J. & Benning, W., 2000: Nachbarschaftstreue Koordinatenberechnung in der Kartenhomogenisierung, *Allgemeine Vermessungsnachrichten*, 107: 194-197.
- Hild, H., 2003: Automatische Georeferenzierung von Fernerkundungsdaten. *Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 562*, München 2003.
- Kokla, M., 2006: Guidelines on Geographic Ontology Integration, *ISPRS Technical Commission II Symposium*, 12-14 July, 2006, Vienna, Austria.
- Kuhn, W., 2003: Semantic reference systems, *International Journal of Geographical Information Science*, 17 (5): 405-409, 2003.
- Lutz, M., Riedemann, C. & Probst, F. 2003: A Classification Framework for Approaches to Achieving Semantic Interoperability Between GI Web Services, in: Kuhn, W., Worboys, M. F. & Timpf, S. (eds.): *Conference on Spatial Information Theory: Foundations of Geographic Information Science (COSIT 2003)*. LNCS 2825: 186-203.
- Rodríguez, A., Egenhofer, M. & Rugg, R., 1999: Assessing Semantic Similarities Among Geospatial Feature Class Definitions. *Interoperating Geographic Information Systems, Second International Conference, Interop '99*, Zurich, Switzerland A. Vckovski, K. Brassel, and H.-J. Schek (eds.), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1580, Springer-Verlag, pp. 189-202, March 1999.
- Rodríguez, A. & Egenhofer, M., 2003: Determining Semantic Similarities Among entity classes from different ontologies. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 12(2), 2003.
- Mustière, S., 2006. Results of experiments on automated matching of networks at different scales, *ISPRS WG II Workshop*, Hannover, Germany, 22-24 February, 92-100.
- Saalfeld, A., 1988: Automated Map Compilation. *International Journal of Geographical Information Systems*, 2 (3): 217-228.
- Sarjakoski, T., Sarjakoski, L. T., Lehto, L., Sester, M., Illert, A., Nissen, F., Rystedt, R. & Ruotsalainen, R., 2002. Geospatial Info-mobility Services - A Challenge for National Mapping Agencies. *Proceedings of the Joint International Symposium on "GeoSpatial Theory, Processing and Applications"* (ISPRS/Commission IV, SDH2002), Ottawa, Canada, July 8-12, 2002, 5 p, CD-rom.
- Sester, M., Hild, H. & Fritsch, D., 1998: Definition of Ground-Control Features for Image Registration using GIS-Data, in: 'International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing', Vol. 32/3, *ISPRS Commission III Symposium on Object Recognition and Scene Classification from Multispectral and Multisensor Pixels*, Columbus/Ohio, USA, Seiten 537-543, 1998.
- Stoimenov, L. & Djordjevic-Kajan, S., 2002: Framework for Semantic GIS Interoperability. *FACTA Universitatis, Series Mathematics and Informatics*, 17 (2002): 107-125.
- Volz, S., 2005: Data-Driven Matching of Geospatial Schemas. In: Cohn, A.G., Mark, D.M. (eds.): *Spatial Information Theory. Proceedings of the International Conference on Spatial Information Theory (COSIT '05)*, Ellicottville, NY. *Lecture Notes in Computer Science 3693*, Springer, pp. 115-132.

v. Gösseln, G. & Sester, M., 2006: A dual interval approach for the alignment of geometries in vector data sets, in: ISPRS Technical Commission IV Symposium 2006, Goa, India, September 2006.

Walter, V., 1997: Zuordnung von raumbezogenen Daten - am Beispiel der Datenmodelle ATKIS und GDF, Dissertation, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 480, München.

Dank: Diese Forschungsarbeiten wurden vom BMBF im Rahmen des Geotechnologien-Programms, sowie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt.