

# Einsatz von GIS und formaler Begriffsanalyse in Altlasten-Informationssystemen

Stefan Göbel, Monika Heidemann, Dr. Uwe Jasnoch<sup>1</sup>, Dr. Gerd Stumme<sup>2</sup>

## Abstract

Das vorrangige Ziel von Altlasten-Informationssystemen besteht in der Bereitstellung aktueller Information über Altflächen, Verdachtsflächen und Altlasten für alle an einem Sanierungsverfahren beteiligten Parteien, z.B. Sanierungspflichtige, Rechtsanwälte, Planer, Behörden, Ingenieurbüros, Investoren oder Banken.

Ein generelles Problem bestehender Systeme ist die transparente Darstellung aller notwendigen Zusammenhänge. Insbesondere die Darstellung von raumbezogener Information wird oftmals nur ungenügend berücksichtigt.

In diesem Beitrag sollen daher Einsatzmöglichkeiten von GIS (Geographische Informationssysteme) innerhalb von Altlasten-Informationssystemen (AIS) aufgezeigt werden und es soll untersucht werden, in welcher Form Methoden der formalen Begriffsanalyse zum Erkennen von Zusammenhängen in AIS –Ursache von Verdachtsflächen und Altstandorten, vorliegende Gefährdungspotentiale und eingeleitete bzw. durchgeführte Sanierungsmaßnahmen- eingesetzt werden können.

**Keywords:** Altlasten-Informationssystem, GIS, formale Begriffsanalyse.

## 1. Altlasten-Informationssysteme

Bei Altlasten (Walletschek, Graw 1995, Olsson, Piekenbrock 1998) handelt es sich um Altablagerungen oder Altstandorte, von denen nach fachlicher Beurteilung durch die zuständige Behörde eine konkrete Gefährdung der öffentlichen Sicherheit oder der Beeinträchtigungen für die menschliche Gesundheit oder der Umwelt ausgehen.

---

<sup>1</sup> Abteilung Graphische Informationssysteme  
Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung  
Rundeturmstr. 6, D-64283 Darmstadt  
email: {stefan.goebel, monika.heidemann, uwe.jasnoch}@igd.fhg.de  
Internet: <http://www.igd.fhg.de/igd-a5/>

<sup>2</sup> Fachbereich Mathematik, TU Darmstadt  
Schloßgartenstr. 7, D-64283 Darmstadt  
Email: [Stumme@mathematik.tu-darmstadt.de](mailto:Stumme@mathematik.tu-darmstadt.de)  
Internet: <http://www.mathematik.tu-darmstadt.de/ags/ag1>

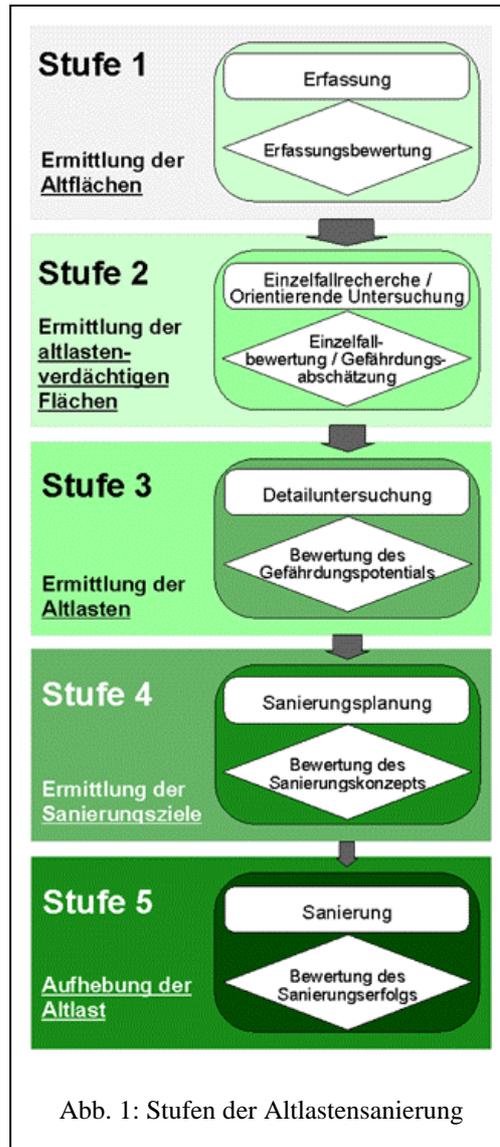
Hierzu gehören beispielsweise die Gefährdung des Grundwassers durch Sickerwasser, Gasaustritte oder Staubverwehungen.

Altlasten unterliegen der behördlichen Überwachung und sind gegebenenfalls zu sichern oder zu sanieren (Bundesumweltministerium 1997). Die Sicherung erfolgt beispielsweise durch Einkapselung des Schadstoffherdes oder durch Abpumpen belastenden Grundwassers. Die Sanierung kann durch biologischen Abbau von Schadstoffen, durch Verbrennen, Auswaschen oder Ausbaggern von belastetem Material erfolgen.

Ein Sanierungsverfahren ist in mehrere Stufen gegliedert, s. Abb.1. Orientierungsgrundlage in Hessen ist das HAAltlastG (Hessisches Altlastengesetz).

Aufgrund der großen anfallenden Datenmengen ist Altlastensanierung in allen Stufen eines Verfahrens mit Datenverarbeitung verbunden. Es werden nicht nur Fachdaten, sondern auch räumliche Daten erfasst, die für eine Ermittlung und Bewertung der von diesen Flächen ausgehenden Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit, für die Entscheidung über das Vorliegen einer Altlast, für die Durchführung oder Anordnung von Überwachungsmaßnahmen und für die Ermittlung des Umfangs der Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind.

Ziel eines AIS ist die schnelle Verfügbarkeit notwendiger Informationen in aktueller Form über Altflächen, Verdachtsflächen und Altlasten für jede der an einem Sanierungsverfahren beteiligten Parteien, damit das Gefahrenpotential sofort erkannt und beseitigt werden kann. Das System muß so konzipiert werden, daß es allen



Beteiligten ausreichend Hilfestellung bietet und Zusammenhänge sichtbar macht. Nicht nur detaillierte Anfragen der Fachbehörden, sondern auch einfache Bürgerabfragen müssen möglich sein. Nutzer mit den unterschiedlichsten Interessen sollen möglichst ohne zeitliche Einschränkungen auf das System zugreifen können, wobei eine gute Verständlichkeit der Fachinformationen notwendig ist.

## **1.1 ALTIS**

Das bereits bestehende System ALTIS (Altlasten-Informationssystem des Landes Hessen) wurde zur Erleichterung der Arbeiten der Altlastenbehörden und zur Erlangung altlastenrelevanter Informationen eingerichtet. Das System wird von der Hessischen Landesanstalt für Umwelt (HLfU) betrieben. Durch ALTIS werden Daten erfaßt, die für die Durchführung eines Altlastensanierungsverfahrens relevant sind. ALTIS ist mit der in Bearbeitung befindlichen Analysedatei Altlasten- und Grundwasserschadensfälle (ANAG) verknüpft. Durch ALTIS werden die Altlastenbehörden in ihrer Arbeit unterstützt. Dies geschieht z.B. durch Übersicht über das Vorhandensein und die Lage von Altflächen, Dokumentation zum jeweiligen Stand von Verwaltungsverfahren und Verfügbarkeit altlastenrelevanter Informationen für Bauleitplanung und Baugenehmigungsverfahren. Weiterhin wird eine Übersicht zum Stand der Altlastensanierung gegeben, Anfragen können beantwortet werden, Auskünfte werden an die verschiedenen Beteiligten weitergeleitet. Bei ALTIS handelt es sich um ein praxisorientiertes, interdisziplinäres Arbeitsmittel auf dem Gebiet der Altlastensanierung. Jedoch liegen Mängel der meisten Programme wie ALTIS in dem nicht vorhandenen bzw. nicht (nur ansatzweise) visualisierten Raumbezug.

## Altablagerungen Verdachtsflächen und Altlasten in Hessen



Abb. 2: Altlasten-Darstellung in ALTIS

## 2. Einsatz von GIS in Altlasten-Informationssystemen

Ein Geo-Informationssystem ist (Bill/Fritsch 1994) ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden.

Altlasten werden –neben verwaltungstechnischen Daten wie Pflegebehörde, weitere beteiligte (Umwelt-)Institutionen oder Sanierungspflichtige- mittels Vektor-, Raster- und Sachdaten beschrieben: Beispielsweise werden zur Georeferenzierung von Altflächen Flurstücke, Flurstücksnummer, PLZ-Gebiete, administrative Einheiten oder Straße+Hausnummer verwendet. Häufig in AIS vorkommende Rasterdaten sind alle Arten von Luftbildaufnahmen, vor allem bei Rüstungsaltlasten. Typische Sachdaten sind Schadstoffmessungen, Boden-/Luftmessungen oder Grundwasserdaten.

All diese Daten müssen in den einzelnen Stufen der Altlastenbearbeitung herangezogen werden und nach Möglichkeit in einem anwenderfreundlichen, kompakten Informationssystem integriert und homogen präsentiert werden.

GIS sind für diesen Sachverhalt prädestiniert, insbesondere können den Anwendern somit gegenüber analogen Karten (s. Abbildung 2: in eine Karte integrierte Verdachtsflächen und Altlasten in Hessen, Quelle: ALTIS 1999) bessere Eindrücke der geographischen Lage von Altlasten vermittelt werden und es besteht (im Falle von Vektordaten oder visualisierten Sachdaten) die Möglichkeit, interaktiv detaillierte Informationen bzgl. Altflächen als auch Sachdaten abzurufen.

Bei ALTIS findet zur Zeit die Anbindung eines GIS statt. Jedoch handelt es sich hier nur um einen GIS-Ansatz mit eingeschränkter Funktionalität. Bisher ist nur die Punkt-Darstellung der Altstandorte möglich. Das interaktive Abfragen von Informationen zu den angezeigten Flächen ist ebenso wie die Visualisierung noch nicht realisiert. Die Altlastenbehörden der RPU's, die ALTIS verwenden, sind noch nicht an das GIS angebunden.

Durch die Einbindung von GIS-Technologien könnten schneller Informationen über kontaminierte Flächen abgerufen werden. Durch die Bereitstellung von Geoinformationen würde ein flächenhafter Zusammenhang zu den vorhandenen Fachinformationen hergestellt werden. Die bisher eingesetzten EDV-Lösungen in den Umweltbehörden sind größtenteils für eine räumlich differenzierte Analyse nicht einsetzbar. Auch handelt es sich bei den digital erfaßten Daten um solche, die im Rahmen von speziellen Aufgaben in den Fachbehörden erhoben wurden. Diese "Inselstandards" sind für fachübergreifende Anwendungen nicht geeignet.

### 3. Erkennen von Zusammenhängen in AIS

Wie in Kapitel 2 bereits angedeutet, ist das Erkennen und Veranschaulichen von semantischen Zusammenhängen innerhalb von komplexen Informationssystemen ein wünschenswertes Ziel, das in bisherigen Systemen –insbesondere im Bereich Altlasten/Altlasten-Sanierung- vollkommen unberücksichtigt bleibt. Aus diesem Grunde soll in diesem Beitrag diskutiert werden, ob die Formale Begriffsanalyse in diesem Kontext Unterstützung bieten kann.

#### 3.1 Formale Begriffsanalyse

Die Formale Begriffsanalyse ist Ende der 70er Jahre an der Technischen Universität Darmstadt als mathematische Modellierung des Begriffes vom Begriff entstanden (Ganter, Wille 1996) und hat sich seitdem zu einer Vielzahl von Techniken zur Datenanalyse, dem Information Retrieval und dem Knowledge Discovery entwickelt. Mit ihrer Hilfe können ausgehend von vorhandenen Datensätzen Begriffshierarchien erstellt werden, deren Visualisierung den Benutzer in der Navigation durch die durch die Daten gegebene Wissenslandschaft unterstützt (Wille 1998).

Die Begriffsanalyse geht dabei im einfachsten Fall von der Datenstruktur eines (formalen) Kontextes aus. Die ist ein Tripel  $\cdot := (G, M, I)$ , bei dem  $G$  eine Menge von Gegenständen ist,  $M$  eine Menge von Merkmalen und  $I \subseteq G \times M$  eine binäre Relation, deren Elemente  $(g, m) \in I$  gelesen werden als "Gegenstand  $g$  hat Merkmal  $m$ ". Der erste Schritt bei einer Datenerkundung mit Hilfe der Formalen Begriffsanalyse ist somit immer die Festlegung, welche Entitäten des zu untersuchenden Gebietes eher als gegenständlich und welche eher als merkmalshaft betrachtet werden sollen. Dies hängt von der Zielsetzung der Untersuchung ab und lässt sich nicht allgemein beantworten.

Als Beispiel wollen wir uns darauf festlegen, daß wir als Gegenstände die 33818 Altstandorte in Hessen wählen, denen ein hohes (BK [= Branchenklasse] 4) oder sogar ein sehr hohes Gefährdungspotential (BK 5) zugeordnet wurde (Umweltbundesamt 1992). Wenn in diesem Abschnitt von Altstandorten die Rede ist, sind damit im folgenden immer diese 33818 Altstandorte mit hohem oder sehr hohem Gefährdungspotential gemeint. Als Merkmale wählen wir  $M := \{BK\ 4, BK\ 5, \text{Energiewirtschaft, Verarbeitendes Gewerbe, Handel, Verkehr, Dienstleistungen, Reinigungen, ...}\}$ . Die Relation  $I$  wurde aus den in (ALTIS 1999) gegebenen Daten übernommen.

Von einem solchen Kontext werden dann (formale) Begriffe abgeleitet, die die Gegenstände und Merkmale thematisch zusammenfassen. Ein (formaler) Begriff eines formalen Kontextes ist jedes Paar  $(A, B)$  mit  $A \subseteq G$  und  $B \subseteq M$ , die jeweils maximal sind mit der Eigenschaft  $A \times B \subseteq I$ . Die Menge  $A$  aller Gegenstände des Begriffes  $(A, B)$  ist der Umfang des Begriffes, die Menge  $B$  der Inhalt. Auf der Menge  $\underline{B}$

(. ) aller Begriffe des Kontextes . spiegelt sich auf natürliche Weise die Unterbegriff-Oberbegriff-Beziehung wider:  $(A_1, B_1)$  ist genau dann ein Unterbegriff von  $(A_2, B_2)$ , wenn  $A_1 \subseteq A_2$  (was gleichbedeutend ist mit  $B_1 \supseteq B_2$ ). Diese Konstruktion bindet sich an eine lange philosophische Tradition über ein Verständnis vom Begriff des Begriffes an (Wagner 1973), welche auch in die DIN-Normen 2330 und 2331 Eingang gefunden hat.

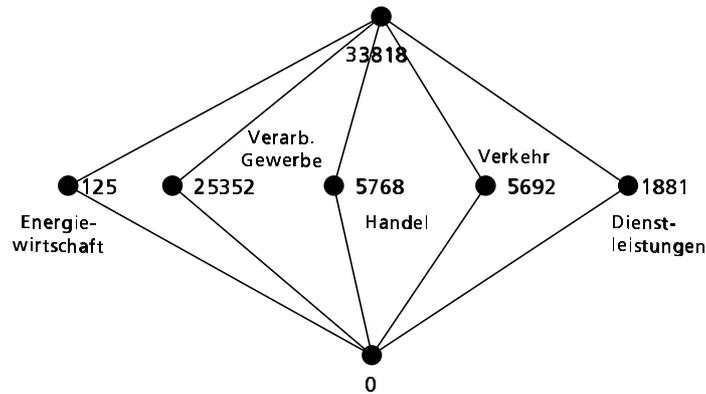


Abb. 3: Begriffsverband der Altstandorte mit hohem Gefährdungspotential aufgeschlüsselt nach Wirtschaftszweigen

Beschränken wir unsere Merkmalsmenge  $M$  für einen Augenblick auf die fünf Merkmale Energiewirtschaft, Verarbeitendes Gewerbe, Handel, Verkehr und Dienstleistungen, so erhalten wir den in Abbildung 3 dargestellten Begriffsverband. Jeder der sieben Punkte steht für einen der sieben Begriffe, die aus dem Kontext abgeleitet werden können. Unter jedem der Begriffe steht die Anzahl aller der Gegenstände (in unserem Fall also aller der Altstandorte), die im Umfang des jeweiligen Begriffes liegen. Der Inhalt des Begriffes, also alle ihm zugeordneten Merkmale, besteht aus allen Merkmalen, die am Begriff selbst stehen, oder die durch einen aufsteigenden Linienzug erreicht werden können. Wie man sieht, sind im obersten Begriff alle 33818 Altstandorte angegeben, denn diese Menge ist durch kein vorgegebenes Merkmal eingeschränkt. Je weiter man absteigt, desto spezifischer werden die Begriffe und desto weniger Gegenstände fallen unter sie. In der mittleren Ebene findet man z.B. ganz links den Begriff, der im Inhalt das Merkmal Energiewirtschaft und im Umfang alle 125 Altstandorte, die aus dem Bereich Energiewirtschaft kommen. Da es nach der in (ALTIS 1999) angegebenen Klassifizierung keinen Altstandort gibt, der zwei oder mehr Merkmale hat, befindet sich eine Ebene tiefer bereits der Begriff, der keine Gegenstände in seinem Umfang hat. In den folgenden Abbildungen wird dieser Begriff der Übersichtlichkeit halber daher weggelassen.

Komplexere Zusammenhänge können in gestuften Liniendiagrammen wie etwa in Abbildung 4 erkundet werden. Dort ist das vorherige Diagramm durch das Thema Gefährdungspotential verfeinert worden.

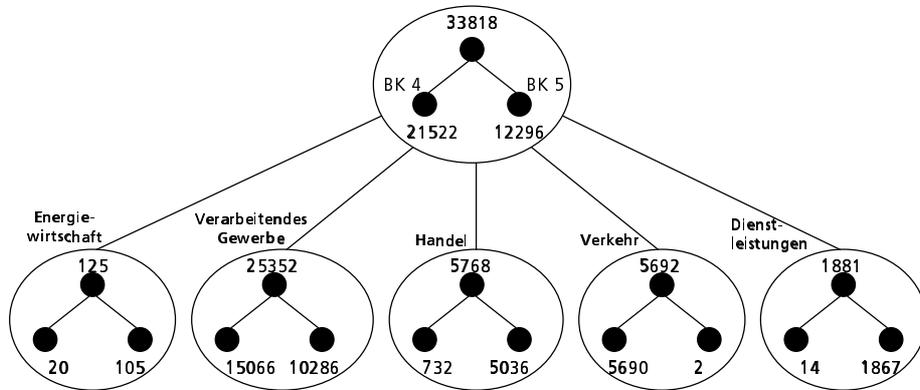


Abb. 4: Das gestufte Liniendiagramm schlüsselt die Altstandorte nach Wirtschaftszweig und Gefährdungspotential auf.

Die Altstandorte jedes Wirtschaftszweiges sind nun aufgeteilt nach hohem (BK 4, jeweils linker Begriff) und sehr hohem Gefährdungspotential (BK 5, jeweils rechter Begriff). Hier fällt auf, daß es bei den Dienstleistungen überproportional viele Altstandorte mit sehr hohem Gefährdungspotential gibt.

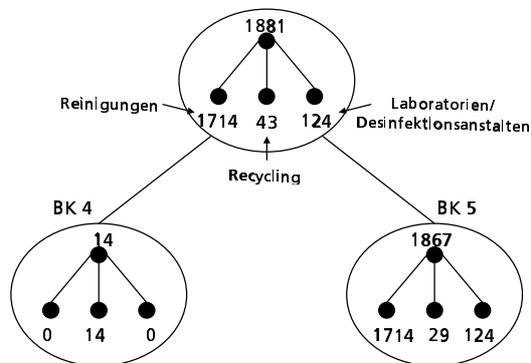


Abb. 5: Aufschlüsselung der Dienstleistungen nach Gefährdungspotential und Branchenklassen

Um dies zu untersuchen zoomen wir mit dem Thema Branchenklasse weiter in den mit Dienstleistungen beschrifteten Begriff und erhalten Abbildung 5. Dort beobachten wir z.B., daß alle 14 Altstandorte mit nur hohem Gefährdungspotential ehemals Recyclingbetriebe waren. Diese Tatsache wird noch deutlicher, wenn man das innere mit dem äußeren Thema vertauscht, wie in Abbildung 6 gezeigt. Hier fällt ins Auge, daß den Reinigungen sowie den Laboratorien/Desinfektionsanstalten ausnahmslos ein sehr hohes Gefährdungspotential zugewiesen wurde.

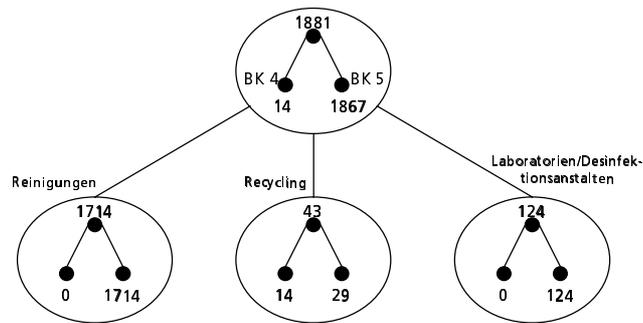


Abb. 6: Aufschlüsselung der Dienstleistungen nach Branchenklassen und Gefährdungspotential

Das vorangehende Beispiel mag deutlich gemacht haben, wie die Daten - und insbesondere ihre Eigenschaften mit nicht primären Raumbezug - mittels Begriffshierarchien erkundet werden können. Die Verwendung gestufter Liniendiagramme wie dargestellt erlaubt darüber hinaus (in Zusammenhang mit der Technik des begrifflichen Skalierens) die Untersuchung von nicht-Boole'schen Merkmalen. An der TU Darmstadt wurde hierfür das Managementsystem TOSCANA für Begriffliche Informationssysteme entwickelt (Kollewe/Skorsky/Vogt/Wille 1994), welches auf beliebigen ODBC-Datenbanken aufsetzt. Es wurde seither in über 30 wissenschaftlichen Projekten eingesetzt und wird seit fünf Jahren auch kommerziell von der Firma NAVICON genutzt. In dem Sammelband (Stumme/Wille 2000) sind weitere Anwendungen der Formalen Begriffsanalyse in unterschiedlichen Bereichen beschrieben.

#### 4. Zusammenfassung

Die in diesem Beitrag vorgestellten Bereiche GIS und Formale Begriffsanalyse sollen am Beispiel von AIS Ansätze aufzeigen, wie komplexe Informationssysteme ver-

bessert werden können und Anwender in die Lage versetzt werden, nicht-triviale semantische Zusammenhänge zu erkennen, bzw. graphisch-interaktiv zu erforschen.

#### 4.1 Ausblick

Im Hinblick auf eine verstärkte Integration der in diesem Artikel angesprochenen Forschungsgebiete sind verschiedene Ansätze für zukünftige Forschungsaktivitäten auszumachen.

Bei der Formalen Begriffsanalyse muß die Darstellung von nicht-hierarchischen Beziehungen zwischen Objekten aus verschiedenen Kategorien (z.B. Beziehungen zwischen Altlasten, vorhandenen oder vermuteten Schadstoffen und möglichen oder durchgeführten Sanierungsmaßnahmen) weiter ausgearbeitet werden, s. (Eklund, Grohe, Stumme, Wille 2000). Die Möglichkeiten der Interaktion zwischen begrifflichen und geographischen Analysekomponenten müssen auf der theoretischen Ebenen sowie dann auf der Ebene der Benutzerschnittstelle erkundet werden.

Im Hinblick auf die Visualisierung von raumbezogenen Daten (Jung 1995) ist der Einsatz von 3D-Modellen und –visualisierungstechniken in Betracht zu ziehen. Damit wäre es dann zum Beispiel möglich, in einem als VRML-Modell realisierten System im Raum zu navigieren und die verschiedenen bei den Verdachts-/Altflächen oder Altstandorten vorkommende Gesteinsschichten oder Grundwasserverläufe im Boden interaktiv zu erkunden. Auf dem Gebiet der wissenschaftl.-technischen Visualisierung gibt es diesbezüglich verschiedene Aktivitäten (Haase 1999).

Desweiteren ist der Einsatz von Metadaten bzw. die Kopplung an Metadaten-Informationssystemen (z.B. Metadaten-Informationssystem des InGeoForum, s. Göbel, Lutze 1998, Göbel, Balfanz, Jasnoch 1999) für Geodaten und AIS zu analysieren.

#### Literaturverzeichnis

- ALTIS (1999): Altlasten-Informationssystem des Landes Hessen, Broschüre des Hessischen Landesamtes für Umwelt, Dezernat Altlasten, Wiesbaden, Mai 1999.
- Bill, Fritsch (1994): Grundlage der Geo-Informationssysteme, 2.Auflage, Heidelberg, Wichmann-Verlag.
- Bundesumweltministerium (1997): Umweltpolitik, Agenda 21, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn.
- Eklund, Groh, Stumme, Wille (2000): A contextual-logical extension of TOSCANA. *Proc. ICCS 2000* Springer, Heidelberg 2000 (eingereicht).
- Ganter, Wille (1996): Formale Begriffsanalyse: Mathematische Grundlagen. Springer, Heidelberg.

- Göbel, Lutze (1998): Development of meta databases for geospatial data in the WWW, in *Proceedings of the 6<sup>th</sup> ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems* (Washington, D.C.), ACM Press, New York, 1998, S. 94-99.
- Göbel, Balfanz, Jasnoch (1999): -InGeoForum- Informations- und Kooperationsforum für Geodaten, in: Dade, Schulz, Hypermedia im Umweltschutz, 2. Workshop Nürnberg 1999, Umwelt-Informatik aktuell, Bd. 21, Marburg, S. 223-236.
- Haase (1999): Die Qualität wissenschaftlich-technischer Visualisierungen, Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Informatik, Oktober 1999.
- Jung (1995): Knowledge-based visualization design for geographic information systems, in *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> ACM Int. Workshop on Advances in Geographic Information Systems* (Baltimore MD, 1995), ACM Press, New York, 1995, S. 101-108.
- Kollewe, Skorsky, Vogt, Wille (1994): TOSCANA – ein Werkzeug zur begrifflichen Analyse und Erkundung von Daten. In: Rudolf Wille, Monika Zickwolff: *Begriffliche Wissensverarbeitung: Grundfragen und Aufgaben*. B.I.-Wissenschaftsverlag, Mannheim 1994, 267-288.
- Olsson, Piekenbrock (1998): Kompakt-Lexikon Umwelt- und Wirtschaftspolitik, Bundeszentrale für Politische Bildung, Bonn, 1998.
- Stumme, Wille (2000): *Begriffliche Wissensverarbeitung: Methoden und Anwendungen*. Springer, Heidelberg.
- Umweltbundesamt (1992): Bewertung der Umweltgefährlichkeit von Alten Stoffen nach dem Chemikaliengesetz (ChemG), UBA-Texte 19/92, Berlin 1992.
- Wagner (1973): Begriff, in: Handbuch philosophischer Grundbegriffe, Kösel, München, S. 191-209
- Walletschek, Graw (1995): Ökolexikon, Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München 1995.
- Wille (1998): Conceptual Landscapes of Knowledge: A Pragmatic Paradigm for Knowledge Processing. *Proc. KRUSE '97*. Vancouver, August 11-13, 1997, 2-13.