

Berichte aus dem Institut für Raumplanung

57

Guido Gerding, Eva Klien, Michael Lutz, Jörn Möltgen,
Joachim Scheiner, Carsten Schürmann, Björn Schwarze,
Klaus Spiekermann

Entwicklung eines integrativen Analyse- und Informationssystems für die Verkehrsplanung

*Endbericht des VuGIS-Projekts zur Integration von
Verkehrsplanung und Geoinformationssystemen,
gefördert vom Ministerium für Schule, Wissenschaft
und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen.*

Dortmund und Münster, April 2003

Institut für Raumplanung
Fakultät Raumplanung, Universität Dortmund
D-44221 Dortmund
Tel. 0231-7552291, Fax 0231-7554788

IRPUD

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse des vom Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Forschungsprojekts „Integration von Verkehrsplanung und Geoinformationssystemen (VuGIS)“ aus dem Schwerpunktthema „Mobilität und Verkehr von morgen“ des Innovationsprogramms Forschung NRW.

Bei dem VuGIS-Projekt handelte es sich um ein Gemeinschaftsprojekt des

- *Instituts für Geoinformatik (IfGI)*, Westfälische Wilhelms-Universität Münster,
- *Instituts für Geographie (IfG)*, Arbeitsgebiet Orts-, Regional- und Landesentwicklung/Raumplanung, Westfälische Wilhelms-Universität Münster,
- *Fachgebiets Verkehrswesen und Verkehrsplanung*, Universität Dortmund sowie des
- *Instituts für Raumplanung (IRPUD)*, Universität Dortmund.

Die Firma interactive instruments Gesellschaft für Software-Entwicklung mbH war assoziativer Partner des Projekts.

Die Firma HHS Ingenieur GmbH stellte ihr Verkehrssimulationsmodell VSS zur Verfügung.

Das Büro Spiekermann & Wegener Stadt- und Regionalforschung (S&W) stellte ihr Umweltmodell zur Verfügung und wirkte bei der Integration in das Gesamtsystem mit.

Die Verfasser bedanken sich außerdem bei dem Westfälischen Straßenbauamt (heute: Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen), dem Umweltamt und dem Verkehrsplanungsamt der Stadt Münster, hier insbesondere Hr. Renkhoff, sowie dem Zweckverband SPNV Münsterland für ihre Kooperationsbereitschaft, Datenbereitstellung und die Durchführung zahlreicher Interviews.

Informationen zu weiteren Publikationen des VuGIS-Projekts finden sich im Anhang.

Dortmund und Münster, April 2003

Inhalt

1	Einleitung	5
1.1	Problemstellung	5
1.2	Zielsetzung des VuGIS-Projekts	5
1.3	Aufbau des Berichts	6
2	Anforderungen an das Analyse- und Informationssystem	8
2.1	Planungsabläufe und Entscheidungsprozesse in der Verkehrsplanung	8
2.1.1	Formalisierungsgrad in der Planung	8
2.1.2	Sektorale vs. integrierte Planung	10
2.1.3	Schlussfolgerungen für das VuGIS-Projekt	11
2.2	Verwendung von Fallstudien	12
2.2.1	Fallstudie 1: Ortskernentlastung Hiltrup	12
2.2.2	Fallstudie 2: Ortsumgehung Raesfeld	13
2.2.3	Fallstudie 3: Revitalisierung der Westfälischen Landeseisenbahn-Strecke	13
2.3	Analyse der Aufgaben von Verkehrsplanern	14
2.3.1	Methodik der Aufgabenanalyse	15
2.3.2	Durchführung der Aufgabenanalyse	16
2.3.3	Ergebnisse	18
2.4	Datenanforderungen und Datenspezifikationen	20
2.4.1	Erforderliche Daten	20
2.4.2	Integration der Daten	23
2.5	Status quo in der technischen Umsetzung	24
2.5.1	Prinzipielle Probleme	25
2.5.2	Bisherige Lösungsansätze	26
3	Konzeption und prototypische Entwicklung des VuGIS-Systems	28
3.1	Anforderungen an das System	28
3.1.1	Technische Anforderungen	28
3.1.2	Funktionsumfang aus planerischer Sicht	29
3.2	Die Systemarchitektur	29
3.2.1	Gesamtkonzept	30
3.2.2	Systembausteine	30
3.3	Die metaphern-basierte Benutzerschnittstelle	32
3.3.1	Menü „Planfall“	32
3.3.2	Menü „Analyse Ist-Zustand“	35
3.3.3	Menü „Wirkungsanalyse“	36
3.4	Die Wissensbasis	39
3.4.1	Funktionsweise	39
3.4.2	Aufbau der VuGIS-Wissensbasis	39

3.5	Das Geoinformationssystem	40
3.5.1	Auswahl eines geeigneten Geoinformationssystems	41
3.5.2	Integration von ArcGIS in das VuGIS-System	42
3.6	Das Verkehrsmodell	44
3.6.1	Aufbau von VSS	44
3.6.2	Automatisierung von VSS	45
3.6.3	Ergebnisse der Verkehrssimulation	46
3.7	Das Umweltmodell	49
3.7.1	Aufbau des rasterbasierten Umweltmodells	50
3.7.2	Anwendung des Umweltmodells	52
3.8	Die Schnittstellen zwischen ArcGIS, VSS und dem Umweltmodell	53
3.8.1	Entwicklung eigener Schnittstellen	54
3.8.2	Auflistung der Skripte	56
3.9	Das Datenbank-Schema	57
3.10	Datenintegration durch Mediation	59
4	Anwendung des VuGIS-Prototypen	62
4.1	Planfall und Szenario auswählen	62
4.1.1	Auswahl eines bestehenden Planfalls bzw. Szenarios	62
4.1.2	Anlegen eines neuen Planfalls	63
4.1.3	Anlegen eines neuen Szenarios	63
4.2	Maßnahmen definieren	64
4.2.1	Maßnahmenkatalog	64
4.2.2	Nutzerführung am Beispiel eines Straßenneubaus	65
4.3	Beispielhafte Analysefunktionalitäten	68
4.3.1	Anwendungsfall „Lärmimmissionen“	68
4.3.2	Anwendungsfall „Lärmkonflikte“	69
4.3.3	Anwendungsfall „Bodenkonflikte“	71
5	Schlussbetrachtungen	75
5.1	Fazit	75
5.2	Möglichkeiten zur Weiterentwicklung	77
6	Quellenverzeichnis	79
	Anhang	84

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Das Bild der Verkehrsplanung hat sich in den letzten Jahrzehnten stark gewandelt. Während die klassische Verkehrsplanung ihre Aufgabe in der Befriedigung einer als gegeben angenommenen Verkehrsnachfrage sah ("Anpassungsplanung"), versteht sich die heutige Verkehrsplanung eher im Sinne einer steuernd eingreifenden, auf der Basis gesamtgesellschaftlicher Ziele operierenden "Gestaltungsplanung" (Holz-Rau, 1996).

Für eine effektive Einflussnahme ist allerdings umfangreiches Wissen über die komplexen Wirkungszusammenhänge verkehrlicher, baulicher, sozialer und wirtschaftlicher Belange notwendig. Wie an den immer wieder auftretenden Fehleinschätzungen in Verkehrsprognosen deutlich wird, ist dies bisher nur teilweise vorhanden (Schühle, 1986; Scheiner, 2002). Dem mangelnden Wissen über die Zusammenhänge der Entwicklung von Verkehr, Siedlungsstrukturen und Gesellschaft stehen auf der planerischen Seite erhebliche Defizite in der Integration der Verkehrsplanung in die Siedlungs- und Flächennutzungsplanung gegenüber, auch wenn eine "integrierte Verkehrsplanung" bereits seit rund zwei Jahrzehnten vielfach gefordert wird und als Leitbild weithin akzeptiert ist.

Neben den Ziel- und Interessenskonflikten unter den Planungsbeteiligten stellt sich insbesondere der Umgang mit Informationen im Planungsprozess als schwierig dar. Obwohl Behörden und Institutionen heute weitgehend mit Informationstechnologie (IT) ausgestattet sind und die planungsrelevanten Informationen meist digital vorliegen, ist eine IT-gestützte "integrierte Verkehrsplanung" bislang kaum möglich. Für dieses Defizit sind folgende Ursachen zu benennen:

- Es existieren bislang keine kommerziellen Softwarelösungen, in denen die Prognose- und Analysefunktionalitäten von Geoinformationssystemen, Umweltmodellen und Verkehrsmodellen kombiniert sind.
- Darüber hinaus sind die genannten Systeme bislang nur für entsprechende (IT-)Experten nutzbar, da die Benutzerschnittstellen nicht an den Bedürfnissen der Verkehrsplaner orientiert sind. Oft werden daher Aufgaben an die IT-Abteilungen der am Planungsprozess beteiligten Institutionen delegiert, gänzlich ausgelagert oder gar durch einfache qualitative Lösungen ersetzt.
- Bei der Integration verschiedener Systeme und Modelle für die Verkehrsplanung stellt die Heterogenität der verwendeten Daten ein weiteres Problem dar. Bislang erforderte eine gemeinsame Datennutzung eine aufwendige Datenaufbereitung und -konvertierung und verhinderte bis dato eine Integration der verschiedenen Analyse- und Prognosesysteme und -modelle.

1.2 Zielsetzung des VuGIS-Projekts

Vor dem geschilderten Hintergrund sollte im VuGIS-Projekt ein GIS-basiertes Analyse- und Informationssystem konzipiert werden, welches

- eine für Verkehrsplaner intuitiv nutzbare Benutzerschnittstelle enthält,

- Verkehrs-, Umweltmodelle und Geoinformationssysteme integriert und
- heterogene Datenquellen nutzbar macht.

Zudem sollte dieses umfassende Analyse- und Informationssystem prototypisch entwickelt werden, wobei vom VuGIS-Prototypen folgende Funktionalitäten bereitgestellt werden sollten:

- Definition und Editierung verschiedener verkehrsbezogener Projekte und Szenarien;
- Simulation einzelner Szenarien;
- Überlagerung und Analyse der Simulationsergebnisse mit weiteren (Hintergrund-) Informationen;
- Vergleichende Analyse mehrerer Szenarien;
- Visualisierung der Eingangsdaten und der Ergebnisse.

Der hauptsächliche Nutzen des zu entwickelnden Analyse- und Informationssystems für Verkehrsplaner resultiert aus der Möglichkeit, Funktionalitäten von Verkehrs- und Umweltsimulationsmodellen sowie von Geoinformationssystemen in einem System mit einer einfach zu bedienenden Benutzerschnittstelle einsetzen zu können. Der Mehrwert liegt vor allem darin, dass man sich schon in einem sehr frühen Stadium des Planungsprozesses ein Gesamtbild machen und Alternativen bewerten kann, um sich im weiteren Verfahren auf die aussichtsreicheren Lösungen konzentrieren zu können.

1.3 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Endbericht des VuGIS-Projekts umfasst fünf Kapitel, wobei das erste Kapitel die Zielsetzungen des Projekts enthält und als eine Einführung in die Thematik dient.

Im Kapitel 2 werden Anforderungen an ein GIS-basiertes Analyse- und Informationssystem für Verkehrsplaner formuliert. Mittels einer planungstheoretischen Betrachtung werden Innovationspotenziale zur Unterstützung einer integrierten Verkehrsplanung aufgezeigt und Ansatzpunkte für die Konzeption dargelegt. Anschließend werden Funktionalitäten, die ein solches System anbieten müsste, ausgehend von einer detaillierten und mit Fallstudien unterlegten Aufgabenanalyse von Verkehrsplanern, ermittelt. Erforderliche Daten werden spezifiziert und es wird die Möglichkeit zur Integration in das System erörtert. Zuletzt werden Stärken und Schwächen in der Umsetzung bei bereits bestehenden ähnlichen Ansätzen zusammengetragen.

Im Kapitel 3 wird das Konzept des VuGIS-Systems und die Implementierung des Prototypen dargelegt. Auf die auf den Anforderungen an ein solches Analyse- und Informationssystem fußende Systemarchitektur wird ausführlich eingegangen. Die in den VuGIS-Prototypen implementierten Komponenten Benutzerschnittstelle, Wissensbasis und die Analyse-Module Geoinformationssystem, Verkehrsmodell und Umweltmodell werden detailliert beschrieben. Die Integration der Analyse-Module über eigens entwickelte Schnittstellen wird gesondert behandelt. Abschließend werden das Datenbank-Schema und die Datenintegration in den VuGIS-Prototypen thematisiert.

Im Kapitel 4 wird die praktische Funktionsweise des implementierten VuGIS-Prototypen anhand exemplarischer Anwendungsfälle aus der Verkehrsplanung demonstriert. Es wird auf die dem VuGIS-System zu Grunde gelegte Dateistruktur und das Anlegen von Planfällen und

Szenarien eingegangen. Danach wird erläutert, wie planerische Maßnahmen definiert werden können und welche Unterstützung der Anwender durch die Nutzerführung des VuGIS-Systems dabei erfährt. Abschließend wird die Funktionsweise des VuGIS-Prototypen für drei wichtige Anwendungsfälle aus der Verkehrsplanung erörtert. Es wird gezeigt, auf welche Art und Weise Lärmimmissionen, Lärmkonfliktbereiche und Bodenkonfliktzonen intern berechnet werden und wie die Ergebnisse dieser Berechnungen für den Anwender sichtbar ausgegeben werden.

Den Abschluss des VuGIS-Endberichts stellt Kapitel 5 dar, in dem das Konzept des VuGIS-Systems zusammengefasst und bewertet wird. Im Hinblick auf den praktikablen Einsatz in der kommunalen und regionalen Verkehrsplanung wird ein Ausblick auf zukünftige Erweiterungsmöglichkeiten gegeben.

2 Anforderungen an das Analyse- und Informationssystem

Dieses Kapitel dient der Spezifizierung von Anforderungen an ein Analyse- und Informationssystem für die Verkehrsplanung. Einführend werden Planungsabläufe und planerische Entscheidungsprozesse erörtert (Kap. 2.1), um generelle Ansatzpunkte für die Konzeption und Entwicklung eines solchen Systems auszumachen. Daran anschließend erfolgt unter Zuhilfenahme ausgewählter Fallstudien (Kap. 2.2) eine detaillierte Aufgabenanalyse von Verkehrsplanern (Kap. 2.3). Mit der Aufgabenanalyse werden zum einen die Funktionalitäten identifiziert, die das System anbieten sollte. Zum anderen können die erforderlichen Funktionalitäten des Programmsystems mit dem verkehrsplanerischen Fachvokabular in Verbindung gesetzt werden, welches für eine einfache und intuitive Bedienung in die Benutzerschnittstelle einfließt. In einem weiteren Schritt werden die Datenanforderungen und Datenspezifikationen, die sich aus den Funktionalitäten ergeben, diskutiert (Kap. 2.4). Abschließend werden Hinweise insbesondere für die technische Umsetzung eines integrativen Analyse- und Informationssystems aus bestehenden ähnlichen Ansätzen gezogen (Kap. 2.5).

2.1 Planungsabläufe und Entscheidungsprozesse in der Verkehrsplanung

In diesem Abschnitt werden allgemeine methodische und inhaltliche Grundlagen der Verkehrsplanung erörtert. Im Wesentlichen wird dabei auf den Aspekt des Formalisierungsgrads in der Planung (Kap. 2.1.1) und auf die Unterscheidung zwischen sektoraler und integrierter Planung (Kap. 2.1.2) eingegangen. Gerade standardisierte, quantitative Bewertungsverfahren können hierbei durch den Einsatz von Informationstechnologien unterstützt werden. Die Diskussion zeigt letztendlich die Innovationspotenziale eines GIS-basierten Analyse- und Informationssystems für die Verkehrsplanung aus planerischer Sichtweise auf und gibt wichtige Anhaltspunkte für die Entwicklung eines solchen Systems im VuGIS-Projekt (Kap. 2.1.3).

2.1.1 Formalisierungsgrad in der Planung

Von zentraler Bedeutung für das VuGIS-Projekt ist, dass die Planungsprozesse in der Verkehrsplanung sich je nach Planungsfall, Maßnahmentyp und räumlicher Ebene stark unterscheiden, und dass diese Prozesse nur teilweise auf standardisierten Ablaufschemata beruhen (ausführlich in: Scheiner, 2000a; 2000b; 2000c; 2001a). Ein einheitliches Schema für Planungsverläufe gibt es lediglich auf allgemein-abstrakter Ebene (FGSV, 2001a). Stark formalisiert sind etwa:

- Verkehrsmodellierungen (auch wenn es kein 'definitives' Verkehrsmodell gibt);
- Verfahrensabläufe von Gesamtverkehrsplanungen, etwa die Bundesverkehrswegeplanung (ausgenommen die Aufnahme von Projektvorschlägen in den Bundesverkehrswegeplan (BVWP), die auch auf der 'intuitiven' Sicht von Experten oder Politikern beruhen kann);
- Planfeststellungsverfahren;
- Aufstellung von Bebauungsplänen (soweit für die Verkehrsplanung relevant);
- Weitere wichtige Bewertungsverfahren wie die Kosten-Nutzen-Analyse in der BVWP (BMV, 1993) oder das standardisierte Bewertungsverfahren für ÖPNV-Investitionen (Heimerl und Intraplan Consult GmbH, 1988/1993) auf Bundesebene oder das Bewertungsverfahren für Eingriffe in Natur und Landschaft in der Straßenplanung in Nordrhein-Westfalen auf Landesebene (Land NRW, 1999).

Allerdings können hinter formalisierten Planungsschritten mit (scheinbar) stark standardisierten Abläufen auch Ad-hoc-Entscheidungen stehen, die auf Intuition oder Ortskenntnis basieren und erst ex post durch Gutachten oder andere wissenschaftliche Untersuchungen bestätigt werden.

Wenig formalisiert sind im Gegensatz dazu:

- Die Abwägung (bei Planungsvorhaben von zentraler Bedeutung),
- die Bestimmung von Beurteilungskriterien,
- die Festlegung von Standards und Grenzwerten und
- Verfahrensabläufe bei Teilverkehrsplanungen (Einzelverkehrsanlagen, Betriebskonzepte, Netzergänzungen usw.) (FGSV, 2001b, 25ff.).

Das Abwägungsgebot steht im Mittelpunkt der Hinweise der FGSV (1991) zur Berücksichtigung rechtlicher Belange in der Verkehrsplanung. Die Abwägung bildet ein gutes Beispiel für einen nicht-formalisierten Planungsschritt. Sie ist zwar als Verfahrensschritt notwendiger Bestandteil des Planungsprozesses, in der Bewertung der einzelnen Aspekte werden der abwägenden Institution jedoch große Freiräume zugestanden. Dies hat inhaltliche Gründe. In der Abwägung sind die verschiedenen durch das Planungsvorhaben berührten Belange einander gegenüber zu stellen und in ihrem Gewicht gegeneinander abzuwägen. Dabei müssen notgedrungen unvergleichbare und nicht auf einer einzigen Dimension abbildbare Belange verglichen werden, beispielsweise Eingriffe in die Aufenthaltsqualität eines bebauten Gebietes mit ökologischen Belastungen in einem anderen Gebiet. Neben diesen kollektiven Auswirkungen sind auch Einzelinteressen zu berücksichtigen. Die Abwägung kann also nicht rechnerisch, sondern nur verbal-diskursiv vorgenommen werden. Es versteht sich, dass dabei in der Regel nicht jedem vorgetragenen Einwand Rechnung getragen werden kann. Folglich sind rechtliche Einwände gegen Planungsvorhaben zwar bei offensichtlichen Abwägungsfehlern möglich, nicht jedoch gegen die Abwägung als solche oder ihr Ergebnis. Die abwägende Institution ist demnach zwar stark gebunden darin, welche Aspekte ('Zielbereiche', 'Wirkungsbereiche') in der Abwägung allgemein zu berücksichtigen sind, in der Bewertung der einzelnen Aspekte stehen ihr jedoch große Freiräume zu.

Gerade in der jüngsten Vergangenheit ist eine starke Tendenz entgegen der Formalisierung von Planungsprozessen zu verzeichnen. Noch Anfang der achtziger Jahre sprach die FGSV den EDV-gestützten 'informationsmächtigen' Optimierungsmethoden generell die größte 'Lösungsgarantie' zu, während der Wert diskursiver Methoden geringer veranschlagt wurde (FGSV, 1982, 12). Ein Jahrzehnt später bildet die Abwägung einen zentralen Bestandteil von Planungsverfahren, und während der neunziger Jahre erhielten verschiedene Typen von 'soft policies' unter dem Signum einer 'integrierten' Verkehrsplanung einen zunehmenden Stellenwert.

Dies ist vor dem Hintergrund einer breiten Tendenz von der rationalistischen Planungsideologie der sechziger und siebziger Jahre hin zur einer eher verhandlungsorientierten, zivilgesellschaftlich eingebetteten Planung zu verstehen (Schmals, 1999). Überspitzt ließe sich formulieren: Statt die Planungsbetroffenen mit szientistischen Tabellen- und Zahlenwerken auf der Basis gigantischer Erhebungen zu konfrontieren, die scheinbar nur eine einzige, aufgrund der Zahlenwerke analytisch eindeutig abgesicherte Lösung zulassen, versucht man die widerstreitenden Interessengruppen in den Planungsprozess zu integrieren und einen Konsens über den einzuschlagenden Weg zu erzielen (Kesselring, 2001). Dies hat den Vorteil, dass im Konsens gefundene Lösungswege mit hoher Wahrscheinlichkeit auch durchsetzbar sind, was für die

oftmals überdimensionierten 'großen' Lösungen der rationalistischen Planung der sechziger und siebziger Jahre nicht galt, da diesen oftmals massive Interessen von lokal Betroffenen und anderen – oft ökologisch orientierten – Gruppen entgegenstanden.

2.1.2 Sektorale vs. integrierte Planung

Parallel zur beschriebenen Entwicklung 'von der Konfrontation zum Konsens' hat sich das Spektrum der Strategien und Maßnahmen der Verkehrsplanung in jüngster Zeit ebenfalls stark verändert. Die Planung hat sich von einer primär infrastrukturell orientierten Planung zu einer Planung mit breitem Spektrum an infrastrukturell-baulichen, organisatorischen, rechtlich-ordnungspolitischen, finanziellen und informatorischen Maßnahmen gewandelt (Holz-Rau, 1996; vgl. auch Scheiner, 2001b).

Der Grund liegt vor allem in der Erkenntnis, dass isolierte Einzelmaßnahmen häufig nicht zielführend sind. Die Verkehrsplanung neigt folglich zunehmend zu integrierten, vielfältigen Maßnahmenbündeln, die dann nicht mehr als Maßnahmen, sondern eher als Konzepte bezeichnet werden. Ein klassisches Beispiel bilden Konzepte wie 'autofreies (oder autoarmes) Wohnen', die mit einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen flankiert und gestützt werden.

Daneben ist die Integration widersprüchlicher Interessen am ehesten auf der Basis einer (zumindest scheinbaren) win-win-Situation möglich, bei der alle Beteiligten 'auf ihre Kosten kommen'. Integrierte Konzepte besitzen demnach häufig ambivalenten Charakter im Sinne eines Sowohl-als-auch und sind von Zielkonflikten geprägt (Kesselring, 2001). So gilt beispielsweise auf infrastruktureller Ebene der Ausbau des ÖPNV bei gleichzeitiger Sicherung des Straßenausbaus für den MIV und parallel verfolgtem Radwegkonzept als 'integriert'. Im Verkehrs- und Mobilitätsmanagement zeigt sich die gleiche Ambivalenz, jedoch eher auf informatorischen und anderen 'weichen' Maßnahmen basierend.

Das Schlagwort für diese 'Mehr-Ebenen-Verkehrsplanung', die sich von der eindimensional-sektoralen Planung der vergangenen Jahrzehnte abgewandt hat, lautet *integrierte Verkehrsplanung*. Dieser Begriff ist trotz der angesprochenen Ambivalenzen positiv zu bewerten, weil es zum einen zur Integration widersprüchlicher Interessenlagen in der Planung in einer individualisierten, demokratischen Gesellschaft derzeit keine Alternative gibt, und weil er zum anderen für die Öffnung einer noch immer eher infrastrukturell-technisch ausgerichteten Disziplin für neue Handlungs- und Maßnahmenfelder und damit auch für neue Chancen steht.

Generell kann also für die Verkehrsplanung eine Entwicklung konstatiert werden, die von einer sektoralen Fachplanung zu einer Planung führt, deren Blickwinkel weit in raumordnerische, ökonomische, ökologische und soziale Belange hinein reicht. In der Planungspraxis beschränkt sich diese integrative Perspektive allerdings häufig auf Abstimmungen zwischen verschiedenen Ämtern. Da diese realiter nicht immer kooperieren, sondern häufig für konkurrierende Interessen stehen, kann von einer integrierten Planung bisher nicht gesprochen werden. So stellt Gertz (1998, 56f.) fest: „Die Übernahme und Akzeptanz von innovativen Lösungen wird auch durch die starke Spezialisierung innerhalb der Verwaltungen behindert. Die Aufgabenbereiche sind sehr eng, so dass Problemursachen außerhalb des eigenen Sachgebietes nicht zur Kenntnis genommen werden. Die Zersplitterung behindert Querschnittsaufgaben wie die Umweltplanung und führt statt dessen zu Kompetenzstreitigkeiten zwischen Fachämtern. Das Problem der Weitergabe von Vorgängen von Abteilung zu Abteilung ermöglicht es auch, Fehler immer anderen Abteilungen zuzuschieben“.

In der Planungspraxis wird oftmals noch immer sektoral gedacht und gehandelt, insbesondere in den ausführenden Stellen. Selbst innerhalb des Sektors Verkehr werden Verkehrsträger häufig separat behandelt und die Wechselwirkungen zwischen den jeweiligen Verkehrsträgern damit ausgeblendet. Dies gilt in verschärfter Form ebenso für die Wechselwirkungen des Verkehrs mit anderen gesellschaftlichen Sektoren wie Wirtschaft, Gesellschaft, Umwelt, Stadt- und Raumentwicklung.

Die verkehrsexternen Zielbereiche der Verkehrsplanung (Umwelt, Städtebau, Wirtschaft, Soziales) werden auf andere sektoral zuständige Stellen übertragen. Zugunsten einer höheren Planungseffizienz wäre es allerdings wünschenswert, dass Verkehrsplaner sich schon im Frühstadium ein Gesamtbild von Planungsvorhaben machen und Alternativen bewerten können. Dies jedoch setzt folgende Erfordernisse voraus:

- Das Vorliegen geeigneter Informationen aus den verschiedenen Zielbereichen der Verkehrsplanung;
- Die Möglichkeit zur Verarbeitung und anschaulichen – z.B. graphischen – Darstellung der Informationen;
- Die Fähigkeit zur ersten Bewertung der Informationen und zur Abwägung zwischen verschiedenen (möglichen) Planungsfolgen einschließlich Widersprüchen, Zielkonflikten und anderen Ambivalenzen.

Wünschenswert wären demnach perspektivisch stärker projektbezogene, weniger thematisch orientierte Arbeitsabläufe und -zusammenhänge in den zuständigen Verwaltungen. Sektorale Zuständigkeiten sollten möglichst in projektbezogenen Zuständigkeiten zusammengefasst werden. Dies würde Potenziale für eine Verwaltungsvereinfachung eröffnen und den einzelnen Bearbeitern breitere Handlungsspielräume zugestehen, ihnen allerdings auch breitere Fachkenntnisse sowie stärkere Verantwortung abverlangen. Interdisziplinäre Aufgaben könnten von kleinen Arbeitsgruppen bearbeitet werden (vgl. auch Gertz, 1998, 77ff.).

2.1.3 Schlussfolgerungen für das VuGIS-Projekt

Aus verkehrsplanerischer Sicht ergeben sich für ein zu entwickelndes Analyse- und Informationssystem folgende Innovationspotenziale:

- Das System kann dazu beitragen, sektorale Blickwinkel zu überwinden. Den Ansatz hierzu bildet die Integration unterschiedlicher Belange (Umwelt, Städtebau, Wirtschaft, Soziales etc.) in ein solches System.
- Die IT-unterstützte Zusammenführung und Verarbeitung thematisch unterschiedlicher Informationen kann in Planungsprozessen komplexe Wirkungsgefüge transparent machen und helfen, Alternativen bereits in der Frühphase von Planungsvorhaben zu bewerten und (Vor-)Entscheidungen zu treffen. Das weitere Verfahren kann somit gestrafft werden, indem es auf 'vielversprechende' Lösungen konzentriert wird, die umgekehrt aufgrund der frühzeitigen Berücksichtigung möglichst vieler Belange eher gefunden werden als in der klassischen, sektoralen Vorgehensweise.
- Bei nur teilweise gegebener und tendenziell weiter abnehmender Formalisierung der Verkehrsplanung kann durch die frühzeitige Bereitstellung umfangreicher und verständlich (z.B. graphisch) aufbereiteter Informationen die Transparenz nicht nur innerhalb der Pla-

nung, sondern auch gegenüber weiteren beteiligten Institutionen und gesellschaftlichen Gruppen erhöht werden.

- Mit stärkerer Durchdringung unterschiedlicher thematischer Bereiche können Arbeitsabläufe und -zusammenhänge in der Verwaltung weniger sektoral und stärker projekt-bezogen gegliedert werden.

Für die Konzeption des VuGIS-Systems folgt aus den oben aufgeführten Ergebnissen zunächst die Notwendigkeit der Arbeit mit Fallstudien. Eine Orientierung an einem allgemeinen Modell des Planungsablaufs in der Verkehrsplanung wäre aufgrund des teilweise geringen Formalisierungsgrades sowie der je nach Planungsfall recht unterschiedlichen Verfahrensschritte und Erfordernisse unmöglich. Auf der anderen Seite darf man sich bei der Entwicklung eines solchen Systems nicht ausschließlich an den Fallstudien orientieren. Die in der Planung häufig vorherrschenden partikularen Perspektiven, die in der fallstudien-bezogenen Arbeit deutlich wurden, hätten dann ein Stückwerk von Funktionen zur Folge, die nicht immer ein konsistentes und kohärentes System ergäben.

Aus diesen Gründen wurden vom VuGIS-Projekt bei der Anforderungsanalyse an das zu entwickelnde Analyse- und Informationssystem beide Wege verfolgt (s. Kap. 2.3). Im folgenden Abschnitt wird dargelegt, welche Fallstudien vom VuGIS-Projekt ausgewählt wurden.

2.2 Verwendung von Fallstudien

Um die Anforderungen an das Analyse- und Informationssystem und den zu implementierenden VuGIS-Prototypen identifizieren zu können, wurden drei Fallstudien ausgewählt, anhand derer die Anforderungsanalyse erfolgte. In Absprache mit den Kooperationspartnern, der Stadt Münster, dem Zweckverband SPNV Münsterland sowie dem Landschaftsverband Westfalen-Lippe wurden drei reale Fallstudien mit unterschiedlichen räumlichen und thematischen Schwerpunkten als typische Beispiele in der Verkehrsplanung bestimmt. Um eine möglichst breite Fächerung von Aufgabenbereichen der Verkehrsplaner erfassen zu können, decken die Fallstudien sowohl den IV- als auch den ÖV-Bereich ab und schließen sowohl ein kommunales als auch ein regionales Fallbeispiel ein. Der räumliche Maßstab reicht hierbei von einer kleinen Stadtstraße (Kap. 2.2.1) über eine Ortsumgehung (Landesstraße) (Kap. 2.2.2) bis zu einem größeren regionalen Eisenbahnprojekt (Kap. 2.2.3). Die räumliche Lage der Fallstudien wird in Abbildung 1 veranschaulicht.

2.2.1 Fallstudie 1: Ortskernentlastung Hilstrup

Der Ausbau der innerörtlichen Hansestraße in Münster-Hilstrup führt bei einem gleichzeitigen Rückbau der Amelsbürener Straße zu einer verkehrlichen Entlastung des Ortskerns von Hilstrup. Der zusätzlich geplante Autobahnanschluss Hilstrup ist vor allem im Zusammenhang mit dem Gewerbegebiet Amelsbüren Süd-West von Interesse, dient aber auch der Erschließung von Ortsteilen in Münsters Süden.

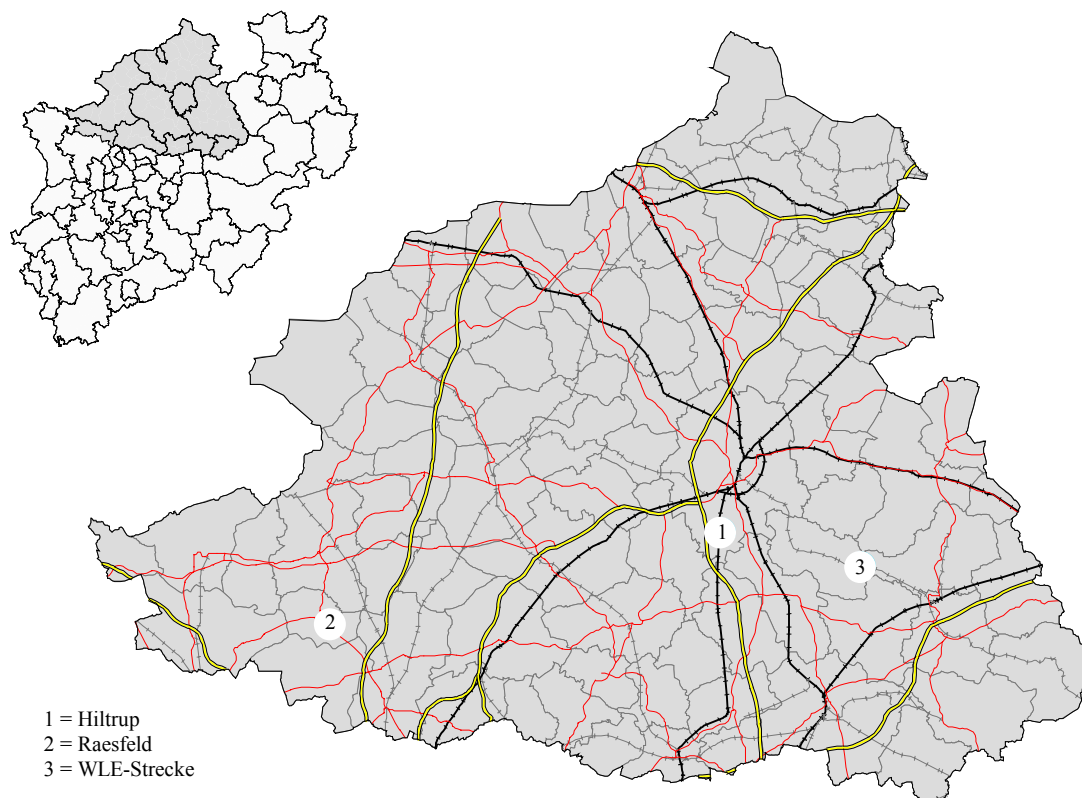


Abbildung 1: Räumliche Lage der Fallstudien in Nordrhein-Westfalen.

2.2.2 Fallstudie 2: Ortsumgehung Raesfeld

Durch die dichtbesiedelte Ortslage von Raesfeld verläuft der Straßenzug B 70/B 224 in Nord-Süd-Richtung. Der Anteil des Durchgangsverkehrs liegt hier bei bis zu 70 Prozent des Gesamtverkehrs. Eine Ortsumgehung soll die nötige Verkehrsentlastung schaffen. Für die Trassenführung ist ein Flächenstreifen östlich der Ortslage Raesfeld ausgewiesen worden, der zu großen Teilen im Eigentum des Bundes ist. Die Umweltverträglichkeitsstudie zur Trassenführung wies jedoch auf Konflikte zwischen städtebaulichem und landschaftlichem Planungsbeitrag hin, so dass eine unterbreitete ortsnahe Alternative gewählt wurde, um Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sowie städtebauliche Konflikte so gering wie möglich zu halten (vgl. Landesstraßenbauamt Coesfeld, 1991).

2.2.3 Fallstudie 3: Revitalisierung der Westfälischen Landeseisenbahn-Strecke (WLE)

Die WLE-Strecke verläuft im Münsterland auf einem Streckenabschnitt zwischen Münster und Beckum. Dabei ist die Reaktivierung der Strecke zwischen Münster und Neubeckum eher unkompliziert, während man für den Ausbau der Strecke Neubeckum-Beckum eine Über- oder Unterführung der Hauptstrecke Ruhrgebiet-Hannover schaffen müsste, was mit hohen Kosten verbunden wäre. Relevant ist demnach zunächst die Strecke Münster-Neubeckum. Sie liegt komplett innerhalb des Zuständigkeitsbereiches des Zweckverbandes SPNV Münsterland als Aufgabenträger für den SPNV. Die Strecke verbindet das Grundzentrum Sendenhorst und das Mittelzentrum Beckum im Kreis Warendorf mit dem Oberzentrum Münster.

2.3 Analyse der Aufgaben von Verkehrsplanern

Die Entwicklung eines Analyse- und Informationssystems zur Unterstützung von Verkehrsplanern in Planungsprozessen setzt ein tiefes Verständnis von den Aufgaben der Verkehrsplaner voraus, das nur mittels einer strukturierten Aufgabenanalyse erlangt werden kann (Möltgen, 2000a). Die Analyse von Benutzern und deren Aufgaben sollte in einer frühen Phase der Entwicklung eines solchen Systems erfolgen. Nach Geis und Hartwig (1998) lassen sich etwa 60 Prozent der Benutzungsproblemen auf eine unzureichende Anpassung der Benutzerschnittstelle auf die Aufgaben der Nutzer zurückführen.

Für ein akkurates, strukturiertes Vorgehen kommt der Aufgabenanalyse neben der

- Darstellung von Aufgaben der Verkehrsplaner in verschiedenen Verkehrsplanungsprozessen,
- der Identifikation der Möglichkeiten von IT-Unterstützung in Planungsprozessen,
- der Spezifikation von Diensten für die IT-Unterstützung und
- der Spezifikation der Benutzerschnittstelle zur Implementierung der spezifizierten Dienste

auch die Herleitung von „Metapherkandidaten“ zu (Möltgen, 2000b).

Metaphern werden bei der Gestaltung der Benutzerschnittstelle verwendet, um Verkehrsplanern eine möglichst einfache und intuitive Handhabung des Analyse- und Informationssystems mit seinen GIS-, Verkehrs- und Umweltmodellierungsfunktionalitäten zu ermöglichen. Die Nutzbarkeit von Softwareprodukten wird hauptsächlich durch die Benutzerschnittstelle beeinflusst (vgl. Frank 1993). Für gewöhnlich entwickeln Anwender bei der Benutzung von Software mentale Modelle um eine Abbild des Systems und seiner Funktionalitäten zu erhalten. Carrol und Reitmann (1988) definieren ein mentales Modell als „knowledge of the components of a system, their interconnection, and the processes that change the components: knowledge that forms the basis for users being able to construct reasonable actions; and explanations about why a set of actions is appropriate“. Dies erfordert eine auf den Alltagserfahrungen der Anwender basierenden Herleitung von Metaphern, um die fremde System- und Funktionsstruktur durch Begriffe aus einer vertrauten Fachwelt verständlich zu machen. Obwohl metaphern-basierte Benutzerschnittstellen eine Erweiterung des Anwenderpotenzials von allgemeiner Verkehrsplanungssoftware und GIS ermöglichen, sind keine kommerziellen Produkte, die eine entsprechende Benutzerschnittstelle anbieten, bekannt. Ein wesentliches Ziel des VuGIS-Projekts ist daher die Entwicklung einer metaphern-basierten Benutzerschnittstelle, die den Anforderungen und Bedürfnissen der Verkehrsplaner gerecht wird und die persönlichen Erfahrungen der Planer widerspiegelt. Das dahinter stehende Prinzip lautet „speak the users' language“.

Im Folgenden wird die im Rahmen des VuGIS-Projekts hierfür entwickelte und angewandte Methodik der Aufgabenanalyse erläutert (Kap. 2.3.1). Anschließend werden wichtige Ergebnisse präsentiert und erste Ansatzpunkte für geeignete Metaphern vorgestellt (Kap. 2.3.2).

2.3.1 Methodik der Aufgabenanalyse

Eine herkömmliche Methode der Aufgabenanalyse setzt auf die direkte Beobachtung von Softwareanwendern in deren Arbeitsumfeld („conducting the site“; Hackos und Redish, 1998). Da raumplanerische Prozesse sich jedoch von den meisten Gebieten des Software-

Designs darin unterscheiden, dass sie nicht als kleine abgeschlossene Handlungsabfolgen mit einzelnen Akteuren, wie beispielsweise dem Anlegen einer Datenbank, betrachtet werden können, greift eine solche Methode hier zu kurz. Weil es sich beim VuGIS-Projekt zudem um ein Forschungsprojekt ohne konkreten Entwicklungsauftrag eines Kunden wie beispielsweise einem Unternehmen handelt, musste für die entsprechenden Aufgabenanalysen von einer eingegrenzten Kooperationsbereitschaft der beteiligten Planungspraktiker ausgegangen werden. Die Inanspruchnahme von Mitarbeitern der beteiligten Planungsinstitutionen konnte nur in geringem Umfang erfolgen. Aus diesen Gründen ist ein Verfahren entwickelt worden, welches sich auf die Analyse von Verkehrsplanungsprozessen mit langwierigen Interaktionen mit Betroffenen, Antragsstellern, anderen Raumplanern und Entscheidungsträgern anwenden lässt. Dabei muss zum einen auf die Beobachtung von Planern verzichtet und zum anderen eine zeitsparende Vorgehensweise erreicht werden.

In einem mehrstufigen Verfahren (vgl. Abbildung 2) wird zunächst eine allgemeine Analyse von Verkehrsplanung als Vorarbeiten vorgenommen, um die ausgewählten Fallstudien (Kap. 2.2) hinsichtlich ihrer Typik für Planungsprozesse und -strukturen einzuordnen. Dies geschieht durch die Analyse planerischer Verfahrensabläufe in abstrakt-allgemeiner Form sowie für einzelne konkrete Planungsverfahren (Bundesverkehrswegeplanung) und Teilbausteine (Planfeststellungsverfahren, Umweltverträglichkeitsprüfung, verschiedene Bewertungsverfahren). Planungsliteratur als auch gesetzliche Grundlagen werden dabei herangezogen.

An die allgemeine Analyse von Planungsprozessen und -strukturen schließt sich eine Befragung von Kooperationspartnern aus der Planungspraxis mittels Fragebögen an. Das Ziel ist die Identifikation von Funktionsanforderungen der Planungspraxis an ein entscheidungsunterstützendes Analyse- und Informationssystem. Zum anderen können für das Design die von Planungspraktikern verwendeten Begriffe auf ihre Eignung als Metaphern untersucht werden. Als Ergebnis der Befragungen wird ein entsprechendes Benutzeraufgabenmodell (*User Task Model*) erstellt, das auf der Beantwortung von Fragen über die im Planungsprozess relevanten Informationen (Möltgen, 2000b; Schürmann und Scheiner, 2000) basiert:

- Wer sind die Nutzer und was sind deren typische Planungsziele?
- Welche Informationen spielen in der untersuchten Fallstudie eine Rolle und in welcher Form werden sie verarbeitet (Karten, Matrizen, Kennziffern, Text, Programm...)?
- Von wem werden sie bereitgestellt (Akteure, beteiligte Institutionen) und an welcher Stelle im Planungsprozess werden sie benötigt?
- Auf welcher Rechtsgrundlage werden sie benötigt?
- Welche Informationen werden erzeugt und welche chronologische Reihenfolge haben diese?
- Welche Methoden werden genutzt und können einzelne Aufgabenbereiche durch IT-Unterstützung besser bearbeitet werden?
- Welche planungsspezifischen Begriffe werden im Zusammenhang bestimmter Frage- oder Aufgabenstellungen von den Planungspraktikern verwendet?

Aufgrund der Fülle an denkbaren relevanten Einzeldaten, die sich aus den zu untersuchenden Fragen ergeben, ist zur Strukturierung der Interviews ein zweistufiger Befragungsaufbau gewählt worden. Dieser umfasst eine erste Befragung mit standardisierten Fragebögen sowie als zweites die Durchführung nicht standardisierter Interviews (vgl. Abbildung 2).

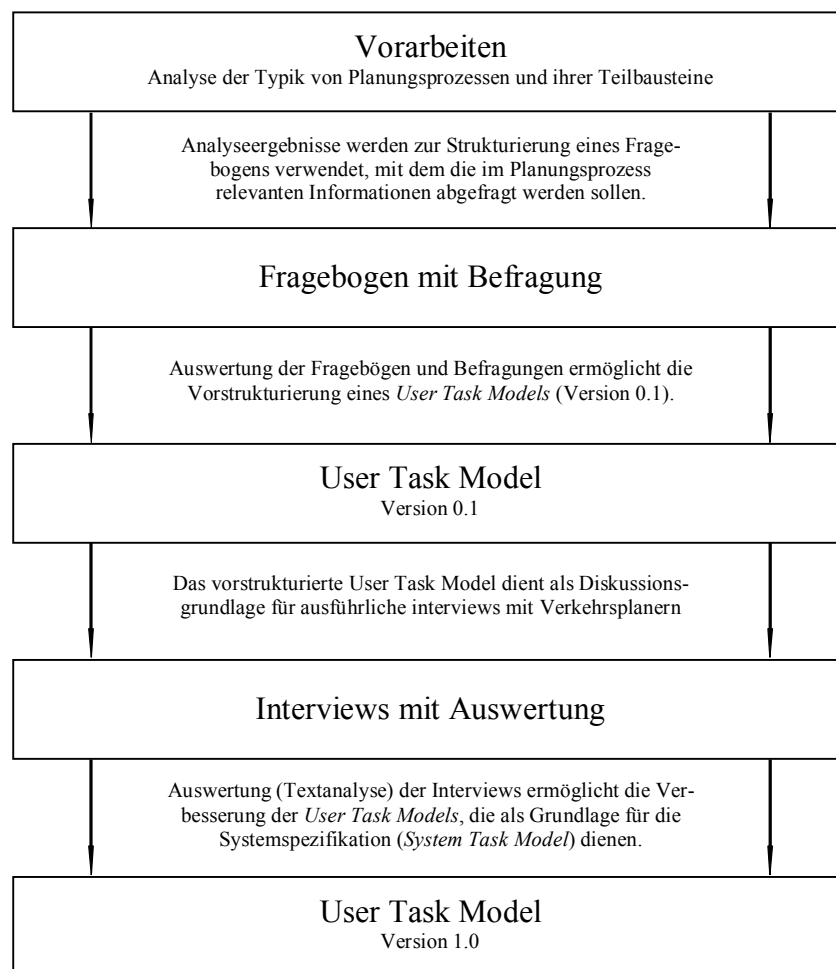


Abbildung 2: Ein mehrstufiges Verfahren für die Aufgabenanalyse bei Verkehrsplanern.

Die Fragebögen dienen dabei der Vorbereitung der Interviews. Basierend auf den Auswertungen der Fragebögen unter dem Gesichtspunkt, welche Informationen in Planungsprozessen „mit“ und „ohne IT-Unterstützung“ von Bedeutung sind, wird eine erste Vorversion eines *User Task Models* entwickelt. Im nächsten Schritt dient diese Version als Diskussionsgrundlage für tiefer gehende Interviews (s. Anhang 2), anhand derer das vorstrukturierte *User Task Model* revidiert und angepasst wird.

2.3.2 Durchführung der Aufgabenanalyse

Für die Entwicklung und Implementierung eines Analyse- und Informationssystems muss besondere Beachtung auf die Herleitung von Metaphern Wert gelegt werden, weil sie die Basis und die Schlüsselwörter für das Design und die Gestaltung der Benutzeroberfläche sind. Die Grundlage bilden die durch die Befragungen ermittelten *User Task Models*, welche die Aufgabenbereiche und Arbeitsabläufe der Verkehrsplaner wiedergeben (ausführlich in: Möltgen, 2000a; 2000b).

Vom VuGIS-Projekt wurden zwei verschiedene Strukturierungsansätze untersucht, in die sich die Planungsprozesse der lokalen als auch der regionalen Fallstudien integrieren lassen:

- Gliederung der *User Task Models* nach HOAI-Phasen: Grundlage für diese prozessuale Gliederung war die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), nach der sich Planungsprozesse in die Phasen *Vorplanung* und *Grundlagenermittlung* untergliedern lassen (vgl. Overkämping, 2001a).
- Gliederung der *User Task Models* nach Belangen: Verkehrsplanerische Entscheidungen werden geleitet durch den Ausgleich divergierender Interessen, welche durch die Entscheidung berührt werden. Dabei geht es um die Auflösung von Interessenskonflikten, die durch die Planungsziele bedingt werden. Dies erfordert eine Analyse, Bewertung und Gewichtung der jeweiligen unterschiedlichen Interessen. Diese Interessenskoordination stellt die Abwägung dar. In diesem Sinne steht die Abwägung im Vordergrund des Planungsprozesses. Diese Abwägung ist mit dem Abwägungsgebot aus §1 Abs.6 BauGB vorgeschrieben, nachdem öffentliche und private Belange gegen- und untereinander abgewogen werden müssen. Die für eine ausgewogene Planung zu berücksichtigenden Belange sind in zahlreichen Fachgesetzen festgelegt.

Es zeigte sich, dass mit dem prozessualen Gliederungsansatz nach HOAI ein idealtypischer Planungsablauf vorausgesetzt wurde, der in der Planungspraxis so nicht eingehalten wird. Zum einen unterscheiden sich die Planungsprozesse zwischen den unterschiedlichen Planungsträgern, zum anderen unterscheiden sich verschiedene Planungsvorhaben sogar innerhalb einer Behörde. Des Weiteren führte ein solcher Ansatz zu einer hohen Redundanz einzelner Aufgabenpunkte, weil einzelne Fragestellungen in unterschiedlicher Ausprägung (z.B. Fragen im Umweltbereich) in mehreren Phasen vertreten sind. Die HOAI dient somit eher der Unterstützung von Abrechnungen, nicht aber der inhaltlichen Arbeit.

Gegenüber der Gliederung nach Arbeitsabläufen und -prozessen stellte die Gliederung nach Belangen eine inhaltliche Orientierung dar, für die eine Allgemeingültigkeit für alle Planungsebenen festgestellt werden konnte. Ungeachtet des Initiierungsprozesses für ein Planungsverfahren, hat jede verkehrsplanerische Maßnahme dem allgemeinen Planungsrecht zu folgen, bevor eine sachgerechte Entscheidung getroffen werden kann. Wie dies zu erfolgen hat, wird durch zahlreiche Fachgesetze geregelt. Der Begriff 'Belang' ist nach Just (1996) sinngemäß mit Interesse gleichzusetzen. Die Verkehrsplanung muss also untersuchen, welche Interessen durch eine Maßnahme berührt werden. Umso transparenter das Verfahren zur Ermittlung betroffener Belange und die Ermittlung entsprechender Planungsauswirkungen (Vor- und Nachteile) ist, desto mehr Akzeptanz wird das spätere Planungsergebnis finden (vgl. Kap. 2.1). Dabei ist es unerheblich, ob es sich um eine integrierte oder sektorale Verkehrsplanung handelt und ob es um einen Neubau oder eine verkehrslenkende Maßnahme geht. Somit stellt die Beachtung des Planungsrechts eine Gemeinsamkeit aller verkehrsplanerischer Prozesse dar und bietet sich für eine Strukturierung der Planungsaufgaben an.

Folgende Belange wurden daher in die Benutzeraufgabenmodelle (*User Task Models*) integriert:

- Städtebauliche Belange;
- Belange der Umwelt;
- Wirtschaftliche Belange;
- Soziale Belange;
- Übergeordnete Planungen;
- Verkehrliche Belange.

Basierend auf den Auswertungen der ersten Befragungen, wurden die einzelnen Teilaufgaben in diese Gliederung eingepasst. Anschließend wurden diese komplexen *User Tasks Models* in neun mehrstündigen Interviews mit Planungspraktikern diskutiert und überarbeitet. Dabei wurde untersucht, ob die Befragten ihre Aufgabenfelder in der vorgegebenen Struktur wieder finden konnten oder wie ggf. eine Umstrukturierung auszusehen hätte.

Für eine ergänzende Plausibilitätsuntersuchung sollten die Befragten, analog zum so genannten ‚*scenario based design*‘, weitere Anwendungsfälle aus der eigenen Planungspraxis beschreiben. Der Begriff ‚*scenario based design*‘ beschreibt eine erfolgreiche Designmethode aus dem Softwarebereich und darf an dieser Stelle nicht mit Planungsszenarien bzw. -varianten verwechselt werden. Die Beschreibungen wurden aufgezeichnet und durch textanalytische Verfahren untersucht, um weitere Hinweise auf Aufgaben und Begriffe zu erhalten, die sich als Metaphern eignen könnten.

2.3.3 Ergebnisse

Da eine rein prozessorientierte Konzeptionalisierung der untersuchten Planungsverfahren nicht möglich war, wurde eine Komposition aus 'Zwangspunkten' von Planungsprozessen (z.B. „Festlegung des Untersuchungsraums“) und inhaltsorientierten Handlungserfordernissen gewählt. Die inhaltsorientierten Aktionen konnten meistens Belangen zugeordnet werden, die sich direkt aus dem Planungsrecht ableiten lassen. Abbildung 3 veranschaulicht dies.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass konzeptionelle Verfahrensmodelle nicht auf eine einzige mögliche Darstellung reduziert sind. Für die Entwicklung eines Analyse- und Informationssystems für den Bereich der integrativen Verkehrsplanung ist es aber erforderlich, ein universales Modell zu entwickeln, dem unterschiedliche Planer ein breites Aufgabenspektrum zuordnen können.

Anwender versuchen bei der Benutzung von Software aus ihren Erfahrungen abzuleiten, was bei einer bestimmten Handlung passiert. Da die Art, wie Vorgänge konzeptualisiert werden, die Form und Art, wie agiert und darüber gesprochen wird, systematisch beeinflusst (Lakoff und Johnson 1980), kommt den Metaphern für eine Benutzerschnittstelle die Aufgabe zu, dem Nutzer die Entwicklung eines geeigneten mentalen Modells über die Systemfunktionalitäten zu ermöglichen. Die Qualität einer Metapher misst sich folglich daran, wie sie die Entwicklung des richtigen mentalen Modells unterstützt – denn desto erfolgreicher sind seine Benutzer.

Nach einigen Modifikationen zeigten sich die Modellentwürfe als geeignet, um Planern eine nahezu intuitive Zuordnung ihrer Planungsaufgaben zu den einzelnen Modellparametern zu ermöglichen. Die in Abbildung 3 orange/gelb hervorgehobenen Teilkonzepte bilden wichtige Fixstellen für die Integration der Metaphern in die Benutzerschnittstelle mit den dahinter stehenden Systemfunktionalitäten.

In der Regel umfassen Verkehrsplanungsprozesse die Phasen der Mängelhinweise, Zustandsanalyse, Maßnahmenuntersuchung und Abwägung. Wie anhand der Aufgabenanalyse ersichtlich wurde, sind Mängelhinweise mögliche Auslöser für verkehrsplanerisches Handeln, finden an dieser Stelle jedoch keine IT-Unterstützung. Die zu unterstützenden Phasen werden durch die metaphorischen Begriffe

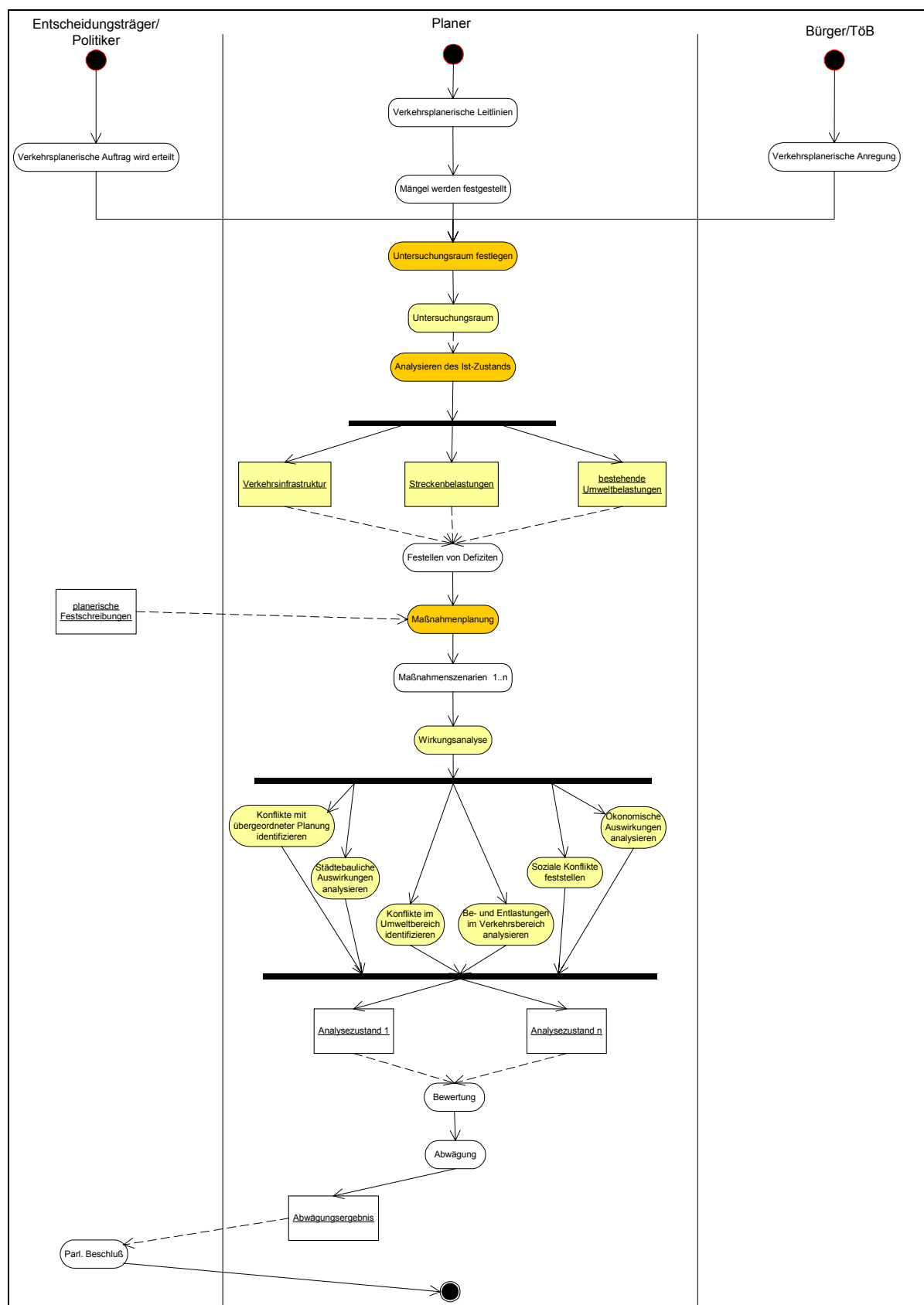


Abbildung 3: Grobstrukturierung von Planungsabläufen als Komposition von fachlichen und prozesshaften Darstellungen.

- „Planfall“
- „Analyse des Ist-Zustands“
- „Wirkungsanalyse“

abgedeckt. Diese elementaren Metaphern dienen bei der Entwicklung des Analyse- und Informationssystems als Einstiegspunkte für die Übersetzung in Systemfunktionalitäten. Ausgehend hiervon werden die jeweils zu berücksichtigenden Belange analysiert (vgl. Abbildung 3). Gemeinsam betrachtet bilden sie die Grundlage für die Entwicklung der Benutzerschnittstelle mit seinen Menü- und Untermenüpunkten (s. Kapitel 3.3).

2.4 Datenanforderungen und Datenspezifikationen

Bei der Entwicklung eines integrativen und umfassenden Analyse- und Informationssystems für die Verkehrsplanung muss als ein wesentlicher Aspekt der Umgang mit den zu verarbeitenden Daten bedacht werden (vgl. Kap. 2.1). In diesem Abschnitt werden die konkreten Anforderungen an die Inhalte der Daten bestimmt, die für ein solches System benötigt werden (Kap. 2.4.1). Des Weiteren wird auf die besondere Problematik der Integration dieser Daten aus unterschiedlichen heterogenen Quellen eingegangen (Kap. 2.4.2).

2.4.1 Erforderliche Daten

Die inhaltlichen Anforderungen an die Daten, welche von einem Analyse- und Informationssystem für die Verkehrsplanung benötigt werden, ergeben sich zum einen aus den formal zu beachtenden Rechtsvorschriften. Zum anderen ergeben sie sich aus den zu integrierenden Verkehrs- und Umweltmodellen und den GIS-Funktionalitäten, sowie darüber hinaus aus weiteren zu integrierenden wünschenswerten Daten (Schürmann, 2000).

Formale Planung

Die generellen Datenanforderungen lassen sich aus den in der (formalen) Verkehrsplanung zu berücksichtigenden Belangen herleiten, wie sie in einschlägigen Rechtsvorschriften geregelt sind (vgl. Kap. 2.1). Verkehrsplanungsprojekte werden, vereinfachend gesagt, soweit es sich um örtliche Projekte handelt, im Rahmen der vorbereitenden und verbindlichen Bauleitplanung (nach §9 Abs. 1 Nr. 11,12,13,21 BauGB) oder, sofern sie (über-)regionale Bedeutung haben, mittels Planfeststellungsverfahren rechtlich gesichert. Insofern kommen als wesentliche Rechtsgrundlagen des Baugesetzbuch (BauGB) sowie die Planfeststellungsrichtlinien (PlafeR) in Betracht.

Nach §1 BauGB müssen in der Bauleitplanung und somit auch in der gemeindlichen Verkehrsplanung gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse, soziale und kulturelle Bedürfnisse, die Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes, Denkmalschutzbelange, Belange des Umwelt- und Naturschutzes sowie der Landschaftspflege, Belange der Wirtschaft sowie der Verteidigung und des Zivilschutzes berücksichtigt werden. Zusätzlich zu den genannten Punkten erwähnt §9 PlafeR als weitere zu berücksichtigende Belange Eigentümerrechte, Wirtschaftlichkeit, Belange der Wasserwirtschaft und des Immissionsschutzes.

In Planungsprozessen werden diese Belange durch die frühzeitige Beteiligung sog. ‚Träger öffentlicher Belange‘ (TÖB) berücksichtigt (§4 BauGB). Diese stellen im Beteiligungs-

verfahren der planenden Behörde die in ihren Zuständigkeits- und Aufgabenbereich fallenden Daten in Form von Zahlen, Karten, Plänen, Statistiken und Stellungnahmen zur Verfügung. Darüber hinaus spezifiziert §12 PlafeR die Anforderungen an Planunterlagen für die weiteren Anhörungsverfahren im Rahmen der Bürgerbeteiligung. Für das VuGIS-Projekt bedeutet dies, dass die von den TÖBs bereitgestellten Informationen – sofern sie in jedem Fall unmittelbar für das Verkehrsprojekt notwendig und rechtlich gefordert sind – sowie die im Anhörungsverfahren zu präsentierenden Informationen auch im VuGIS-Programmsystem Berücksichtigung finden müssen.

Aus den oben genannten Belangen sowie nach den Empfehlungen von Hensel (1976), Ortúzar und Willumsen (1990), Kollarits (1997) und Rindsfüser und Ruhren (2000) lassen sich summarisch folgende Datenanforderungen ausmachen: *Verkehrsnetze, sozio-ökonomische und sozio-demographische Daten, Flächennutzung, Hydrologie, Topographie, Biotope und geschützte Flächen, Immobilien- und Grundbesitz, Klima, Freizeitflächen, touristische Anlagen und Sehenswürdigkeiten, Rohstoffvorräte und Ablagerungen.*

Da das Analyse- und Informationssystem des VuGIS-Projekts darauf fokussiert, verschiedene Vorhaben- und Planungsalternativen im Vorfeld der Entwurfsplanung diskutierbar und bewertbar zu machen, sind in obiger Aufstellung alle in §12 PlafeR genannten Anforderungen, die sich explizit auf den Straßentwurf beziehen (Ausbauquerschnitte, Verzeichnis der Bauwerke, integrierter Straßenraumentwurf, Beschilderungs- und Markierungsplan), vernachlässigt. Gleiches gilt für den Bereich der Darstellung von Vermeidungs-, Minimierungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die erst dann greifen, wenn eine Planungsalternative ausgewählt worden ist.

Datenanforderungen der Modelle

Weitere inhaltliche Anforderungen an die Daten ergeben sich aus den Anforderungen der Verkehrs- und Umweltmodelle, die in das VuGIS-System integriert werden sollen.

Verkehrsmodelle prognostizieren die Auswirkungen von Verkehrsprojekten hinsichtlich des Verkehrsaufkommens, der Veränderungen von Verkehrsbeziehungen und -strömen sowie des Modal Splits, möglicher Engpässe im Verkehrsnetz (Staus) sowie von Kosten- und Zeiteinsparungen für die Benutzer (vgl. auch Kap. 3.6).

Diese im Wesentlichen auf einem Gravitationsansatz beruhenden Modelle benötigen Daten zur Verkehrsinfrastruktur. Neben der physischen Infrastruktur (Straße, Schiene, Bahnhof) zählen dazu auch Angaben zu zulässigen Höchstgeschwindigkeiten im Straßennetz sowie Angaben über Linienführung, Fahrzeiten und Takte im ÖV-Netz (vgl. Hensel, 1976, 39f.).

Zur Bestimmung des Quellverkehrs werden Angaben über Bevölkerungsverteilungen, gegebenenfalls differenziert nach sozio-ökonomischen und demographischen Merkmalen herangezogen. Zur Bestimmung des Zielverkehrs werden typische Aktivitäten wie Einkauf, Arbeit oder Freizeit verwendet, d.h. es werden Angaben über Einkaufsmöglichkeiten, Arbeitsstätten und Freizeiteinrichtungen benötigt. Als Ausgangspunkt kann hier zunächst von der Anzahl und Verteilung der Arbeitsplätze oder -stätten ausgegangen werden.

Da Verkehrsmodelle auf sog. Verkehrszellen aufbauen (d.h. etwa gleich große und gleich geartete homogene Zonen), deren Mittelpunkte als virtueller Netzzugangsknoten in die Modellierung eingebracht wird, muss das Untersuchungsgebiet in Verkehrszellen eingeteilt wer-

den. Diese sind aus Datenverfügbarkeitsgründen in der Regel mit administrativen Grenzen bzw. mit statistischen Gebietseinheiten identisch.

Als unabdingbare Basisdaten für Verkehrsmodelle sind demnach notwendig (vgl. Ortúzar und Willumsen, 1990, 70; Kollarits, 1997; INRO, 1998; Rindsfüser und Ruhren, 2000): *Straßennetz* differenziert nach Kategorie (Autobahn, mehrspurige Straße, Landstraße usw.) und Anzahl der Fahrspuren, *ÖV-Netz* (Linienführung, Haltestellen, Fahrzeit, Takte), *Verkehrszellen* sowie *Bevölkerung* und *Arbeitsplätze* auf Ebene der Verkehrszellen.

Darüber hinaus können als zusätzliche Sachdaten herangezogen werden: *Verkehrsaufkommen* (DTV), *Pkw-Verfügbarkeit* (Kfz je Verkehrszelle), *Verkehrsmatrizen*, *Parkplätze*, *Verkehrskosten* (Fahrpreise, Tickets, Benzinpreise, Parkgebühren, Steuern), *Anzahl Lkw* bzw. *Anteil Schwerlastverkehr*, *Bevölkerungsdifferenzierung* (z.B. nach Einkommen, Autobesitz, Familiengröße), *Einzelhandels-, Dienstleistungs- und Freizeiteinrichtungen* (Lage, Größe) sowie *Streckensteigungen*.

Die *Umweltmodelle* dienen dazu, die Auswirkungen neuer Verkehrsprojekte auf die natürlichen Schutzgüter und Lebensgrundlagen zu simulieren. Fundamentale Untersuchungskriterien sind dabei der Flächenverbrauch, die Lärmausbreitung und die Schadstoffemissionen.

Zur Ermittlung des Flächenverbrauchs werden außer den Angaben zur Breite und Länge der jeweiligen Verkehrsstrasse keine weiteren (externen) Datenquellen benötigt.

Lärmausbreitungs- und Schadstoffmodelle greifen zum einen auf die Ergebnisse des Verkehrsmodells hinsichtlich Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeiten zurück. Zum anderen benötigen sie Angaben zur Bevölkerungsverteilung, um nicht nur die Emissionen bestimmen zu können, sondern um gleichfalls auch die Anzahl der betroffenen Einwohner, die einem bestimmten Lärmpegel oder einer bestimmten Schadstoffkonzentration ausgesetzt sind, zu ermitteln (Immissionen). Darüber hinaus benötigen Lärm- und Schadstoffmodelle Angaben zum Schadstoff- und Lärmausstoß von Verkehrsmitteln, zu den vorherrschenden meteorologischen Bedingungen (insb. Hauptwindrichtung) sowie zu den rechtlich zulässigen Grenzwerten (vgl. LT et al., 1998). Diese Informationen werden den Modellen in Form von Parametern zugewiesen, die keiner räumlichen Spezifikation bedürfen. Zur genaueren Simulation von Luftbewegungen und damit zur genaueren Lärm- und Schadstoffausbreitungsberechnung könnten als zusätzliche Information die Topographie (im Sinne (a) von Steigungsinformationen der Verkehrswege, und (b) Reflexions- und Abschirmungen von natürlichen und künstlichen Hindernissen) herangezogen werden (vgl. Diegmann, 2000).

Zusammenfassend lassen sich aus Sicht der Umweltmodelle (neben den Ergebnissen der Verkehrsmodellierung) folgende Basisdaten identifizieren: *Bevölkerungsverteilung* und *Flächennutzung*. Wünschenswerte zusätzliche Daten wären *Bevölkerungsdifferenzierungen*, *Biotopflächenkataster* sowie *topographische Informationen* (Relief, Steigung, künstliche Hindernisse).

Tabelle 1 fasst die Datenanforderungen zusammen, zweckmäßigerweise getrennt nach Basis- und Zusatzdaten. Es wird deutlich, dass es im Grunde eine unbegrenzte Anzahl an weiteren wünschenswerten Zusatzinformationen gibt, die in ein Analyse- und Informationssystem für Verkehrsplaner integriert werden könnten.

Tabelle 1: Erforderliche Basisdaten sowie Zusatzdaten.

Basisdaten	Zusatzdaten
<ul style="list-style-type: none"> - Straßenverkehrsnetz (inkl. Höchstgeschwindigkeit) - ÖV-Netz (Bus, Bahn inkl. Haltepunkte, Takte) - Verkehrszellen - Flächennutzung (inkl. Schutzgebiete) - Bevölkerung (Verkehrszellen) - Arbeitsplätze (Verkehrszellen) - Übersichtskarte, Lageplan - Festsetzungen übergeordneter/anderer Planungen - Bodenkarten 	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Lkw bzw. Schwerlastanteil - Art und Maß der Umfeld-/Freiraumnutzung - Bevölkerungsdifferenzierung (sozio-demographisch und sozio-ökonomisch) - Biotopflächenkataster - Bodenrichtwertkarten - Eigentumsverhältnisse - Einzelhandels-, Dienstleistungs- und Freizeiteinrichtungen - Kunstbauwerke, Bau- und Bodendenkmale - Leitungspläne (Elektrizität, Wasser etc.) - Orthophotos - Platzformen und Baustruktur - Sicherungsgebiete, Bodenlagerstätten - Freizeit- und Erholungsschwerpunkte - gegenwärtiges Verkehrsaufkommen, Matrizen - Hydrologie - Topographie - Thermalluftbilder - Verkehrskosten (Fahrpreise, Sprit, Parkgebühren, Steuern etc.)

2.4.2 Integration der Daten

Ein integratives Analyse- und Informationssystem, mit dem Verkehrsplaner im Sinne einer integrierten Planung unterschiedliche Belange berücksichtigen können, muss verschiedene sektorale Analyseverfahren vereinen. Die Anwendungsfelder reichen von einfachen Darstellungen und Überlagerungen, Abfrageoptionen und Verschneidungen bis hin zu komplexen Analysen mit Hilfe von Verkehrs- und Umweltmodellen. Ein Ziel des VuGIS-Projekts war es daher, die Funktionalitäten von Geoinformationssystemen, Verkehrsmodellen und Umweltmodellen in einem umfassenden System zu integrieren. Dabei ist die Nutzbarmachung der benötigten Daten eine wesentliche Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des VuGIS-Systems.

Die oben aufgeführten Datengrundlagen entstammen für gewöhnlich verschiedenen Quellen, Organisationen und Institutionen. Je nach vorliegendem Datenmodell lassen sich spezielle Anwendungszwecke befriedigen; umgekehrt verlangen bestimmte Zwecke aber auch spezielle Datenformate (Schürmann, 2000). Beispielsweise benötigen die rasterbasierten Umweltmodelle ebenfalls eine rasterbasierte Darstellung des Verkehrsaufkommens, der Bevölkerung und der Flächennutzung; rasterbasierte Darstellungen wiederum sind nicht brauchbar für Verkehrsmodelle. Die Nutzbarmachung wird durch die unterschiedlichen Anforderungen der Modelle und zusätzlich durch eine starke semantische Heterogenität der Daten erschwert, wie an folgenden Ausführungen exemplarisch dargestellt wird:

- Für die unterschiedlichen Anwendungen müssen die Daten in verschiedenen Datenmodellen (Vektor und Raster) und -formaten (z.B. unterschiedliche ASCII-Formate) vorliegen.

- Attribute werden häufig nur für spezifische Anwendungen gesammelt. Verschiedene Typen wie beispielsweise Straßen oder Gebäude entsprechen in ihrem Attributumfang den Erfordernissen dieser Anwendung. Sie sollen jedoch im VuGIS-System auch anderen Anwendungen zur Verfügung gestellt werden, die unter Umständen andere Attribute benötigen.
- Selbst wenn, wie im Falle des amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystems ATKIS, den Anwendungen dasselbe Datenmodell zu Grunde liegt, können die Daten in der Regel nicht ohne weiteres genutzt werden, da die Implementierungen in den Datenbanken unterschiedlich sind.
- Des Weiteren kann sogar die Geometrie der Objekte unterschiedlich sein, so kann eine Straße je nach Maßstab flächen- oder linienhaft abgelegt sein.
- Ein weitere besondere Problematik stellen unterschiedliche kartographische Referenzsysteme bzw. Projektionen dar. Daten müssen hier genormt werden.
- Der Kontext, in dem Typen stehen oder benötigt werden, ist oftmals unterschiedlich. So kann eine Straße aus der einen Sicht ein Waldgebiet zerschneiden, aus der anderen Sicht aber zwei Ortschaften miteinander verbinden. Eine Straße, die zum Beispiel keine Informationen über Fahrrichtungen bereitstellt, kann für Routenplanung nicht benutzt werden.

Ein Ziel des VuGIS-Projekts war es, zu veranschaulichen, wie unterschiedliche heterogene Datenquellen für das System nutzbar gemacht werden können. Die beschriebene Heterogenität der Datenquellen verhindert jedoch die direkte Nutzung eines Datenbestandes. Erst eine Konvertierung der Daten ermöglicht die Integration in das VuGIS-System. Da es sich bei den Daten um Massendaten handelt, wird die bestmögliche Performanz mit Datenbanken erreicht, so wie sie beispielsweise auch von Geoinformationssystemen verwendet werden. Datenbanken sind zudem in der Regel auf speziellen Servern eingerichtet und bieten damit die Möglichkeit des Zugriffs über Netzwerke. Um eine redundante Datenhaltung zu vermeiden, wurden Schnittstellen für die Anforderungen der Modelle entwickelt, die eine automatisierte, für den Benutzer unsichtbare Datentransformation zwischen den verschiedenen Formaten der Anwendungen ermöglichen.

Da Erfassung und Fortführung der Daten sehr aufwendig sind, erscheint es allerdings als lukrativ, *einen* Datenbestand für *mehrere* Anwendungen verwertbar zu machen. Semantische Übersetzung (Mediation) geht diesen anderen Weg zur Nutzarmachung der Daten. Die Datenbanken werden hierbei ohne Konvertierung direkt angesprochen, so dass durch einen Mediator immer aktuelle Daten zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des VuGIS-Projekts auch der Möglichkeit zur Mediation an dem Beispiel von Straßendaten nachgegangen (s. Kap. 3.10).

2.5 Status quo in der technischen Umsetzung

Nachdem herausgestellt worden ist, wie bedeutsam ein integratives Analyse- und Informationssystem für die Verkehrsplanung ist (vgl. Kap. 2.1) und welche Anforderungen an ein solches System zu stellen sind (vgl. Kap. 2.3 und Kap. 2.4), wird an dieser Stelle der Blick auf den Status quo in der technischen Umsetzung gerichtet. Zum einen wird auf die prinzipielle Problematik beim Einsatz von Informationstechnologien in der Verkehrsplanung eingegangen (Kap. 2.5.1). Zum anderen werden bisherige Softwaresystemlösungen, welche zur Unterstüt-

zung einer integrierter Verkehrsplanung entwickelt wurden, zusammengetragen und evaluiert (Kap. 2.5.2).

2.5.1 Prinzipielle Probleme

In planerischen Prozessen stellt sich der Umgang mit Daten und Informationen generell als schwierig dar. Obwohl Behörden und Institutionen heute weitgehend mit Informationstechnologie (IT) ausgestattet sind und planungsrelevante Informationen meist digital vorliegen, ist eine IT-gestützte integrierte Verkehrsplanung bislang kaum möglich. Aus technischer Sicht sind hier vor allem drei Defizite zu nennen:

1. Es existieren bislang keine kommerziellen Softwarelösungen, in denen die Prognose- und Analysefunktionalitäten von Geoinformationssystemen, Umweltmodellen und Verkehrsmodellen kombiniert sind.
2. Getrieben von dem Bedarf nach besseren computerbasierten Entscheidungsunterstützungssystemen für den Planungsprozess wurden von der Softwareindustrie Systeme entwickelt, welche durch das Hinzufügen von immer neuen Funktionalitäten übermäßig verkompliziert wurden. Die Komplexität dieser Systeme hat mittlerweile einen Stand erreicht, bei dem nur eine beschränkte Anzahl der angebotenen Funktionen tatsächlich genutzt werden kann. Viele dieser Produkte wurden ohne Kenntnisse der Bedürfnisse der Benutzer entwickelt, so dass die Benutzeroberflächen konfus und kompliziert wirken und ihre Nutzbarkeit in letzter Konsequenz oft als schlecht zu bewerten ist (Nielsen, 1993).
3. Die benötigte Daten liegen in verschiedenen, oft inkompatiblen Formaten vor und werden von unterschiedlichen Organisationen vorgehalten. Selbst wenn identische Datenformate existieren, kann ein Datenaustausch mitunter problematisch sein, weil dieselben realen Geobjekte von verschiedenen Disziplinen unterschiedlich erfasst werden können (semantische Heterogenität). Aufgrund dieser unterschiedlichen Betrachtungsweisen der Nutzer haben Daten oft differierende Semantiken und können nur schwierig in ein integratives Analyse- und Informationssystem integriert werden.

Das Zusammenspiel dieser drei Negativaspekte führte in den letzten Jahren dazu, dass der Kreis der Personen, welche digitale Geodaten de facto nutzen und sowohl Geoinformationssysteme als auch Verkehrs- und Umweltmodelle anwenden können, äußerst begrenzt ist. In der Regel verfügen lediglich spezialisierte Forschungsinstitute bzw. Beratungsbüros über diese Fertigkeiten. Dieses hat zur Folge, dass aus den vorliegenden Daten kein Mehrwert durch jene erzeugt werden kann, welche davon eigentlich profitieren sollten.

In der verkehrsplanerischen Praxis werden die jeweiligen Planungsschritte daher von verschiedenen Institutionen, Büros und Beratern durchgeführt, welche größtenteils ihre jeweils eigene Datenbasis und Software benutzen. So kommt es immer wieder zu zeitlichen Verzögerungen im Planungsprozess.

Damit Verkehrsplaner als unerfahrene GIS-Anwender die Vorteile des direkten Gebrauchs der Geoinformationssysteme, Verkehrs- und Umweltmodelle nutzen können, müssen integrierte Benutzerschnittstellen entwickelt werden, welche verständlich zu interpretieren und von Nicht-Experten einfach zu handhaben sind. Dies war ein wesentliches Ziel des VuGIS-Projekts.

2.5.2 Bisherige Lösungsansätze

Die oben aufgezählten Defizite sind schon seit längerem bekannt. In der Vergangenheit wurden bereits eine Reihe von Lösungsansätzen umgesetzt, die diese Defizite zumindest partiell beseitigen konnten.

Einfache GIS-Schnittstellen über Import- und Exportkonverter gehören mittlerweile zum Standard von Verkehrs- und Umweltmodellen. Jeder einzelne Datenaustausch muss bei einer derart ‚losen Koppelung‘ (vgl. Goodchild, 1993, 13) allerdings vom Anwender selbst initiiert werden. Die Programme als solche sind separat zu bedienen und bleiben ungebunden.

In existierenden Ansätzen zur Integration der verschiedenen Systeme wurden Software-Produkte entwickelt, die Geoinformationssysteme mit Verkehrs- und/oder Umweltmodellen kombinieren.

Im TransCAD-Projekt (Caliper Corporation, 2001) wurde ein Geoinformationssystem entwickelt, das speziell für Verkehrsmodellierungen bestimmt ist. Auf einer einzelnen Plattform sind Geoinformationssystem und Verkehrsmodell kombiniert, so dass keine Datenkonvertierungen und -transfers erforderlich sind, um Verkehrsanalysen mit GIS-Daten durchführen zu können. Das Geoinformationssystem ermöglicht weitere grundlegende GIS-Analysen. Umweltmodelle sind in TRANSCAD nicht enthalten.

Für die Bewertung von Raum- und Verkehrsentwicklungsprozessen auf ihre Nachhaltigkeit wurde im Forschungsprojekt PROSPECTS (Pfaffenbichler und Emberger, 2001) ein Flächennutzungsmodell mit einem Verkehrsmodell verknüpft. Ein einbezogenes Geoinformationssystem wird überwiegend zur Präsentation der Modellergebnisse verwendet. Im MEDUSAT-Projekt (Joerin, 2001), das eher auf das Bodenmanagement und die Flächennutzung fokussiert ist, bildet ein Geoinformationssystem die Basis eines solchen Systems. Es dient nicht nur der Editierung verschiedener Alternativen und der Präsentation der Modellergebnisse, sondern seine GIS-Funktionalitäten werden auch zum Zweck räumlicher Analysen eingesetzt.

In weiteren bestehenden Ansätzen wurden Verkehrsmodelle mit Umweltmodellen kombiniert. So enthält das kommerzielle VERUM Verkehrsmodell-Softwarepaket (Rosinak & Partner, 2001) Module, mit denen ökologische Auswirkungen des Verkehrs (Emissionen, Lärm) berechnet werden können. Diese additiven Module gehören zwar dem Softwaregesamtpaket an, sind jedoch als separat aufrufbare Programme implementiert. Eine Koppelung mit einem Geoinformationssystem ist bei diesen Ansätzen in der Regel, z.B. mittels ASCII-Dateien, nur über Export- und Importfunktionen möglich.

In den Forschungsprojekten SPARTACUS und PROPOLIS des 4. und 5. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Union wurden integrierte Verkehrs- und Raumentwicklungsmodelle um Umweltmodelle erweitert (LT et al., 1998; MECSA et al., 2002). Für die Kombination der verschiedenen Modelle aus unterschiedlichsten Bereichen war es erforderlich, die bislang ohne GIS-Unterstützung arbeitenden Modelle mit einer im Geoinformationssystem vorgehaltenen räumlichen Datenbank zu verknüpfen. Das im VUGIS-Projekt verwendete Umweltmodell ist ursprünglich in diesen Projekten entwickelt worden (Spiekermann, 2003a; 2003b). Beiden Ansätzen fehlt es jedoch an einer einfachen, einheitlichen Benutzerschnittstelle. Zudem wurde das PROPOLIS-Modellsystem bisher nur in den ausgewählten Stadtregionen Bilbao, Brüssel, Dortmund, Helsinki, Inverness, Neapel und Vicenza implementiert. Eine einfache Übertragung auf andere Städte ist allerdings mit einem hohen Aufwand verbunden.

Im Projekt MOBILE wurde ebenfalls ein Geoinformationssystem mit verschiedenen Simulationsmodellen gekoppelt (Hilty et al., 1998). Hier wurde ein auf der Basis von Java operierendes System entwickelt, in dem Funktionalitäten von Verkehrsmodellen mit denen von Umweltmodellen in einer modularen Art und Weise kombiniert sind. Der wesentliche Nachteil dieses integrativen Systems liegt darin, dass es aufgrund seiner Komplexität nicht ohne Kenntnis methodischer und technischer Details benutzt werden kann.

Mit dem Wissen der Stärken und Schwächen der beschriebenen existierenden Ansätze ist das VuGIS-Projekt bei der Konzeption und Entwicklung eines Analyse- und Informationssystems für die Verkehrsplanung vorrangig auf die Integration von Geoinformationssystem und Verkehrs- und Umweltmodellen unter einer einheitlichen und intuitiven Benutzerschnittstelle sowie auf die Nutzbarmachung heterogen vorliegender Daten ausgerichtet.

3 Konzeption und prototypische Entwicklung des VuGIS-Systems

Basierend auf der Analyse der Anforderungen an ein Analyse- und Informationssystem für die integrierte Verkehrsplanung war es das Hauptziel des VuGIS-Projekts, ein einfach zu bedienendes, integratives und umfassendes Planungswerkzeug zu konzipieren und prototypisch zu entwickeln, welches von Verkehrsplanern auch ohne vertiefte GIS- und Modellierungskenntnisse benutzt werden kann. In Kenntnis der bereits bestehenden Ansätze richtete sich der Fokus bei der Entwicklung des VuGIS-Prototypen auf die Integration von Geoinformationssystem, Verkehrs- und Umweltmodellen unter einer einheitlichen, metaphern-basierten Benutzeroberfläche (vgl. Kap.2).

In diesem Kapitel wird das hinter dem VuGIS-Prototypen stehende Systemkonzept beschrieben und die Implementierung erläutert. Zu Beginn werden die elementarsten Anforderungen an den VuGIS-Prototypen zusammengefasst (Kap. 3.1). Daran anschließend wird die Systemarchitektur dargestellt (Kap. 3.2) und es werden die implementierten Metaphern der Benutzerschnittstelle (Kap. 3.3) sowie die Wissensbasis des VuGIS-Prototypen beschrieben (Kap. 3.4). Nachdem auf die einzelnen Systemkomponenten Geoinformationssystem (Kap. 3.5), Verkehrsmodell (Kap. 3.6) und Umweltmodell (Kap. 3.7) näher eingegangen wird, erfolgt die Erörterung der Integration dieser Komponenten in das System per selbst entwickelter Schnittstellen (Kap. 3.8). Zum Schluss wird das Datenbank-Schema des VuGIS-Prototypen beleuchtet (Kap. 3.9) und es wird die Möglichkeit zur Datenintegration durch Mediation diskutiert (Kap. 3.10).

3.1 Anforderungen an das System

Damit der VuGIS-Prototyp die aufgeführten Ziele und Anforderungen erfüllt (vgl. Kap. 2), müssen eine Reihe von technischen Erfordernissen und planerischen Ansprüchen umgesetzt werden. In diesem Abschnitt werden die wesentlichen an das System gestellten Anforderungen kurz zusammengefasst.

3.1.1 Technische Anforderungen

Bei der Entwicklung eines Analyse- und Informationssystems sollten folgende technische Kriterien generell erfüllt sein, damit es sowohl den Ansprüchen der Praxis als auch der Wissenschaft genügt (Albrecht et al., 1997):

- Demnach sollte das Analyse- und Informationssystem mit (i) einer graphischen Benutzeroberfläche und
- (ii) der interaktiven Fähigkeit zum Entwickeln von Szenarien einfach anzuwenden sein.
- Zudem sollte es zugleich (iii) dynamisch sein, damit Rückkopplungen sowie zeitlich variierende Parameter einbezogen werden können,
- als auch (iv) räumlich sein, so dass die Möglichkeiten zur räumlichen Analyse und Präsentation bestehen.
- Ferner sollte (v) eine Datenbank errichtet werden, in der sämtliche erforderlichen Daten verwaltet, die entwickelten Szenarien gespeichert und bereits erfolgte Analysen und Ergebnisse aufgezeichnet werden.

- Weiterhin sollte das Analyse- und Informationssystem als (vi) ein integriertes Baukasten-System konzipiert werden, das räumliche Modell- und Werkzeugpakete eng miteinander verknüpft.
- Letztendlich sollte das System (vii) generisch anzuwenden sein, so dass es unabhängig von der Domain oder dem Betriebssystem benutzt werden kann.

3.1.2 Funktionsumfang aus planerischer Sicht

Aus planerischer Sicht muss das VuGIS-System eine Reihe von Analyse- und Präsentationsfunktionen bereitstellen, die im traditionellen Verkehrsplanungsprozess üblicherweise ausgelagert sind (vgl. Kap. 2.1). Die in dieser Beziehung angestrebten, in den VuGIS-Prototypen zu implementierenden Funktionalitäten lassen sich dabei in sechs verschiedene Komplexitätsstufen von relativ geringer bis relativ hoher Komplexität einordnen:

- Bereitstellung und Visualisierung der für den Verkehrsplanungsprozess relevanten thematischen Daten;
- Integration heterogener Datenformate;
- Anwendung typischer GIS-Analysefunktionalitäten (Überlagerung, Pufferung, Verschneidung etc.);
- Definition und Anwendung verschiedener verkehrlicher und politischer Szenarien;
- Ausgabe der Ergebnisse von Verkehrsmodellen (Verkehrsströme, Verkehrsstaus, durchschnittliche Reisezeiten) und Simulierung der voraussichtlichen ökologischen Auswirkungen mit Umweltmodellen (Emissionen, Immissionen, Versiegelung).
- Ausgabe der Konfliktbereiche mit den unterschiedlichen Belangen unter Zuhilfenahme von GIS-Funktionalitäten auf der Basis der Ergebnisse der Verkehrs- und Umweltmodelle.

Wenngleich mit dieser Auflistung nicht alle erforderlichen Funktionen für den gesamten Verkehrsplanungsprozess abgedeckt werden, so ermöglicht eine offene und flexibel gehaltene Konzeption des VuGIS-Prototypen, zusätzliche Module, Modelle und Werkzeuge zu integrieren, um seine Leistungsfähigkeit zu steigern.

Entscheidend für eine benutzerfreundliche und anwendungsorientierte Bedienung des Programms ist die Benutzeroberfläche. Die einheitliche graphische Benutzeroberfläche sollte so intuitiv zu bedienen sein, dass kein vertieftes Wissen und keine ausgiebige Erfahrung im Gebrauch von Geoinformationssystemen, Verkehrsmodellen oder Umweltmodellen erforderlich ist. Einziges Kriterium für die Anwendung des VuGIS-Prototypen sollten Erfahrungen und Fachkenntnisse auf dem Gebiet der Verkehrsplanung sein.

Im Folgenden wird das hinter dem VuGIS-Prototypen stehende Konzept, in das die hier aufgestellten Anforderungen einfließen, erläutert.

3.2 Die Systemarchitektur

Unter einer Systemarchitektur versteht man den Aufbau eines Systems und seine Strukturierung in einzelne Komponenten. Komponenten sind in der Softwareentwicklung wieder verwendbare, nach außen abgeschlossene Programmbausteine, deren Funktionen lediglich über ihre Schnittstellen zugänglich sind.

3.2.1 Gesamtkonzept

Ziel der Gliederung eines Systems in Komponenten war die Schaffung einer offenen und flexiblen Softwareumgebung, bei der im Gegensatz zu proprietären Systemen einzelne Bausteine austauschbar sind. Hierdurch konnte eine verhältnismäßige Unabhängigkeit von einzelnen Herstellern erreicht werden. Dabei dienten die oben formulierten Anforderungen als Richtlinie für die Entwicklung des VuGIS-Prototypen. Abbildung 4 zeigt das generelle konzeptionelle Schema des VuGIS-Systems. Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Systembausteine kurz vorgestellt.

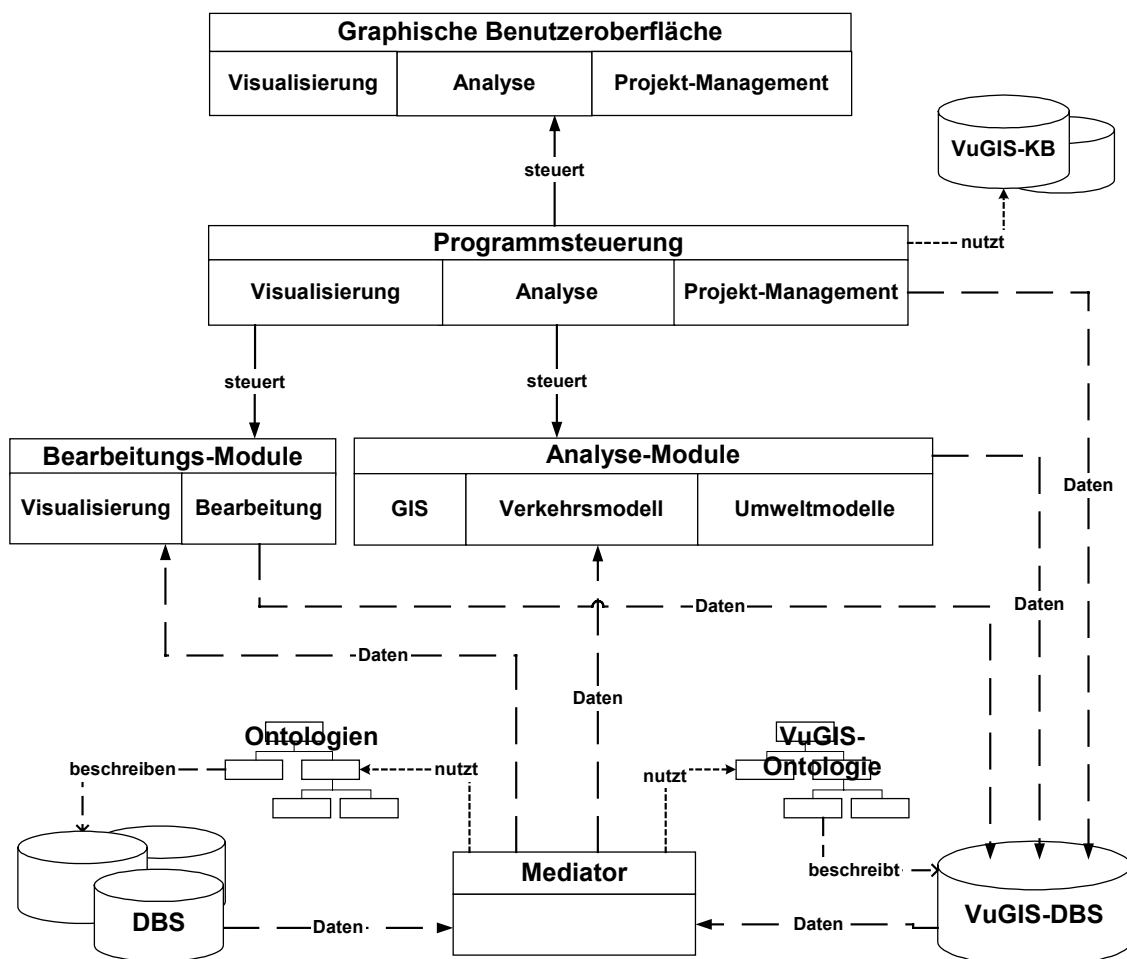


Abbildung 4: Schematische Darstellung der VuGIS-Komponenten.

3.2.2 Systembausteine

Die *Programmsteuerung* koordiniert als eine zentrale Komponente die Abläufe innerhalb des VuGIS-Systems. Sie reagiert auf die Eingaben der Benutzerschnittstelle und greift auf die *VuGIS-Wissensbasis* (VuGIS-KB) zu, in der die Metaphern der Benutzerschnittstelle in konkrete Befehlssequenzen übersetzt werden. Die Programmsteuerung ist in drei Module unterteilt, welche verschiedene Funktionalitäten widerspiegeln. Von Bedeutung ist hierbei neben der eigentlichen Analyse und Visualisierung auch das Projektmanagement.

Aufgabe des *Projektmanagements* ist das Anlegen und Verwalten von Planfällen und Szenarien. Ein Planfall stellt ein konkretes Planungsvorhaben dar und beinhaltet in der Regel mehrere Szenarien. Diese repräsentieren Planungsoptionen, z.B. verschiedene Trassen- oder Ausbauvarianten, welche mit Hilfe der im VuGIS-System verfügbaren Analysefunktionalitäten untersucht werden können.

In der *Graphischen Benutzeroberfläche* (GUI) werden die im VuGIS-System verfügbaren Dienste in einer für den Fachanwender verständlichen Sprache angeboten. Hierbei finden die in der Verkehrsplanung gebräuchlichen Metaphern Verwendung, damit das VuGIS-System auch ohne vertiefende GIS-Kenntnisse von Verkehrsplanern benutzt werden kann. Die graphische Benutzerschnittstelle leitet die Informationen über Benutzereingaben an die Programmsteuerung weiter.

Das *Analyse-Modul* ermöglicht die (vergleichende) Analyse verschiedener Planungsszenarien. Es enthält Funktionalitäten zur räumlichen Analyse mit dem Geoinformationssystem, dem Verkehrs- und dem Umweltmodell:

- Mit dem *Geoinformationssystem* können Antworten auf zum Teil komplexe Fragestellungen (z.B. Biotopbeeinträchtigungen durch Zerschneidungswirkungen neuer Verkehrsstrassen, Einzugsbereiche von ÖPNV-Haltestellen, Ökologische Risikoanalyse für das Schutzgut Boden) mit Hilfe räumlicher Analysefunktionalitäten (z.B. Pufferung, Überlagerung, Verschneidung) auch unter der Weiterverarbeitung der Ergebnisse der Verkehrs- und Umweltmodelle abgeleitet werden.
- Das *Verkehrsmodell* wird zur Vorhersage der Bewegung von Menschen und Gütern eingesetzt. In Abhängigkeit von Daten über die Bevölkerung, die Flächennutzung und das Verkehrssystem werden die wahrscheinlichen Fahrtbeziehungen zwischen Quellen und Zielen simuliert und letztlich Verkehrsbelastungen auf Straßen und Schiene hochgerechnet.
- Mit dem *Umweltmodell* werden auf Grundlage der verkehrlichen Strecken- und Knotenbelastungen die Lärm- und Schadstoffausbreitungen, vor allem des motorisierten Individualverkehrs, simuliert und die davon betroffenen Anwohner ermittelt. Dies geschieht mit Hilfe von Dispersionsmodellen auf der Basis regelmäßiger Rasterzellen (vgl. LT et al., 1998; vgl. Spiekermann und Wegener, 1999). Insbesondere die Fragen nach Lärmausbreitung und Lärmschutz werden in naher Zukunft im Rahmen neuer EU-Gesetzgebungen zunehmend an Bedeutung gewinnen (Lehming, 2002).

Aufgabe des *Bearbeitungsmoduls* ist es, die vorliegenden Daten (Basisdaten sowie die Analyseergebnisse) zu verwalten, zu bearbeiten (z.B. Digitalisieren, graphische Selektion) und zu visualisieren. Darüber hinaus spielt diese Komponente für den Austausch der jeweiligen Verkehrsnetz-, Flächennutzungs- und der sozio-ökonomischen bzw. sozio-demographischen Daten mit den Verkehrs- und Umweltmodellen eine zentrale Rolle.

Das *VuGIS-Datenbanksystem* (VuGIS-DBS), bestehend aus den Komponenten Datenbank und Datenbank-Management-System, stellt die zentrale Komponente zur Datenhaltung innerhalb des VuGIS-Systems dar. Hier werden alle generierten Daten gespeichert, inklusive der im Projekt-Manager angelegten Projekte und Szenarien sowie der Ergebnisse der Analysen und Simulationen. Das Ziel der Interoperabilität wird insbesondere im Bereich der Datenhaltung und des Datenaustauschs angestrebt. Entsprechende Standards wie XML, GML u.a. sind von internationalen Standardisierungsgremien wie dem OpenGIS Consortium (OGC) oder

dem World Wide Web Consortium (W3C) entwickelt worden und wurden im VuGIS-Prototypen so weit wie möglich mitberücksichtigt.

Über das VuGIS-Datenbanksystem hinaus ist in der Konzeption des VuGIS-Systems auch die Anbindung *externer Datenbanken* (DBS) vorgesehen. Die enthaltenen Daten können über den *Mediator* integriert und ebenfalls als Grundlage für die im VuGIS-System durchgeführten Analysen, Simulationen und Visualisierungen verwendet werden. Der *Mediator* hat dabei die Aufgabe, Daten aus externen Datenquellen so zu verarbeiten, dass sie mit den in der VuGIS-Ontologie beschriebenen Anforderungen übereinstimmen.

In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Komponenten des Programmsystems näher beschrieben. Dabei richtet sich der Fokus insbesondere auf die Implementierung der Komponenten in den VuGIS-Prototypen.

3.3 Die metaphern-basierte Benutzerschnittstelle

Für die VuGIS-Benutzerschnittstelle mussten Metaphern gefunden werden, welche die Verkehrsplaner in integrativen Verkehrsplanungsprozessen unterstützen. Dabei lag es nahe, in deren Aufgabenbereich (der Verkehrsplanung) nach in Frage kommenden Konzepten zu suchen (vgl. Kap. 2.3). Im Rahmen des *scenario based design* wurde ein entsprechendes metaphorisches Konzept gefunden, dessen Tauglichkeit sich im weiteren Verlauf des VuGIS-Projekts erhärtete.

Mit den Menüs „*Planfall*“ (Kap. 3.3.1), „*Analyse des Ist-Zustands*“ (Kap. 3.3.2) und „*Wirkungsanalyse*“ (Kap. 3.3.3) bietet die Benutzerschnittstelle des VuGIS-Prototypen geeignete Einstiegspunkte, welche Verkehrsplanern eine intuitive Anwendung des VuGIS-System ermöglicht. Im Folgenden werden diese sowie ihre wichtigsten metaphorischen Menü- und Untermenüpunkte erläutert.

3.3.1 Menü „*Planfall*“

Wie jedes Softwareprodukt benötigte auch der VUGIS-Prototyp eine Funktionalität, mit der die bearbeiteten Daten verwaltet werden können. Dies ist somit keine Funktionalität, welche sich im engeren Sinne aus den Planungsaufgaben ableiten ließ.

Das Menü „*Planfall*“ dient im VuGIS-Prototypen als Pendant zu einem „Projekt“ oder einer „Datei“ und umfasst die eigentliche Organisation des zu erstellenden Vorhabens. Hier finden sich die dazu notwendigen Funktionen wie einen neuen Planfall *anlegen*, *auswählen*, *schließen* und *löschen* (vgl. Abbildung 5 und Tabelle 2).

Ein Planfall umfasst alle Schritte für die Umsetzung eines planerischen Ziels. Dementsprechend kann ein Planfall ein oder mehrere Planungsszenarien beinhalten, die sich wiederum aus verschiedenen Maßnahmen (z.B. Geschwindigkeitsbegrenzung, zeitliche Einschränkungen, aktiven Lärmschutz, etc.) oder aus verschiedenen Ausprägungen einer Maßnahme (z.B. Trassenvarianten 1 bis n) zusammensetzen. Ein Szenario ist folglich immer einem Planfall zugeordnet. Abbildung 6 verdeutlicht diese Modellstruktur.

Planfall	Analyse Ist-Zustand	Wirkungsanalyse	Hilfe
neu			
auswählen			
schliessen			
löschen			
Szenario hinzufügen			
Szenario auswählen			
Szenario löschen			
Untersuchungsraum festlegen			
Massnahmenkatalog anzeigen			

Abbildung 5: Übersicht über das Menü „Planfall“.

Die Verwaltung der Szenarien geschieht nach gleichem Schema wie beim Planfall (*hinzufügen, auswählen, löschen*). Für jeden Planfall muss ein *Untersuchungsgebiet* festgelegt werden, sobald ein Planungsszenario hinzugefügt wird. Dieses Planungsgebiet begrenzt die Berechnungen bei der Wirkungsanalyse (s. Kap. 3.3.3). Damit wird dem System mitgeteilt, für welche räumlichen Ausschnitte die Planungsauswirkungen (z.B. Entlastungseffekte) analysiert und dargestellt werden.

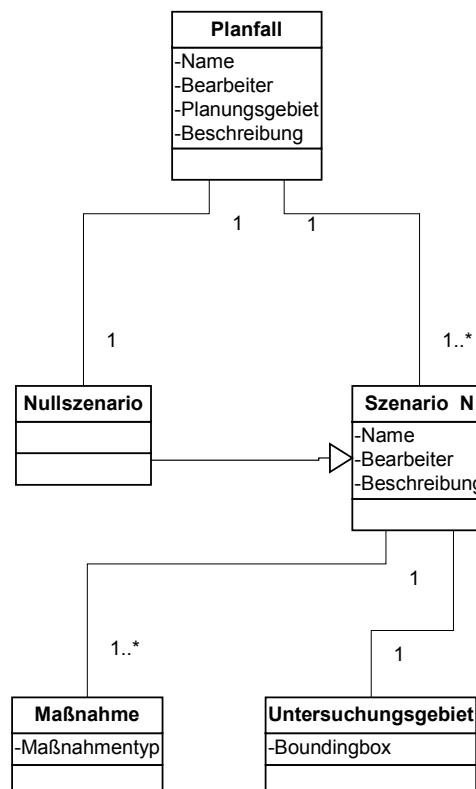


Abbildung 6: Modellstruktur eines Planfalls.

Bei der Festlegung auf einen Untersuchungsraum hat der Anwender die Möglichkeit, sich von einer kleinmaßstäbigen Karte in einen größeren Ausschnitt hineinzuzoomen. Bevor erste

Maßnahmen definiert und untersucht werden, besteht die Möglichkeit, eine Analyse des Ist-Zustandes im selektierten Untersuchungsraum vorzunehmen.

Jeder Planfall besitzt ein Null-Szenario (Referenz- oder Basisszenario) sowie ein oder mehrere alternative Szenarien. Das Null-Szenario repräsentiert den Status quo und dient als Vergleichsgrundlage bei den Wirkungsanalysen. Für jedes weitere Szenario können beliebig viele Maßnahmen über einen Maßnahmenkatalog definiert werden (s. Kap. 4.2).

Das *Anzeigen des Maßnahmenkataloges* ist wie eine Art Baukasten zu verstehen. Für die Analyse des Ist-Zustands und der Planungsauswirkungen ist es notwendig, dem System mitzuteilen, um welche Art von Maßnahme es sich handelt. Je nach Maßnahmentyp (z.B. infrastrukturell-baulich oder organisatorisch) wird eine entsprechendes Interaktionswerkzeug bereitgestellt (s. Kap. 4.2.1). Ist ein Szenario erstellt bzw. ausgewählt, bietet der Maßnahmenkatalog die Möglichkeit, verschiedene Maßnahmen für das jeweilige Szenario festzulegen. Die definierten Szenarien können anschließend unter dem Menü „*Wirkungsanalyse*“ analysiert werden.

Tabelle 2: Übersicht über ausgewählte Funktionen des Menüs „Planfall“.

Menüpunkt	Funktionalität	Interaktion
Neu	Einrichten eines neuen Planfalls und Eintrag in die Datenbank	Wizard/Dialogbox, Attributeinträge
Auswählen	Auswahl eines bestehenden Planfalls aus der Datenbank	Wizard/Dialogbox
Szenario hinzufügen	Einrichten eines neuen Szenarios in der Datenbank inkl. einer Kurzbeschreibung. Das Szenario wird dem entsprechenden Planfall zugeordnet.	Wizard/Dialogbox, Attributeinträge
Szenario auswählen	Auswahl eines bestehenden Szenarios. Es können nur Szenarien geöffnet werden, die dem geöffneten Planfall angehören. Ist kein Planfall aktiv, kann auch kein Szenario geöffnet werden. Es kann immer nur ein Szenario geöffnet werden.	Wizard/Dialogbox
Szenario löschen	Löschen eines Szenarios. Kann nur ausgeführt werden, wenn entsprechender Planfall aktiv ist	Wizard/Dialogbox
Untersuchungsraum festlegen	Festlegen eines Untersuchungsraums. Dieser wird mit aktiven Szenario gespeichert.	Wizard/Dialogbox, per Maus muss eine bounding box aufgezogen werden. Es werden die Koordinaten angezeigt.
Maßnahmenkatalog anzeigen	Zum „Durchführen“ von Maßnahmen werden Maßnahmentypen angeboten. Sobald ein Maßnahmentyp selektiert wurde, öffnet sich eine weitere Dialogbox zur Bearbeitung der jeweiligen Maßnahmen	Wizard/Dialogbox

3.3.2 Menü „Analyse Ist-Zustand“

Ziel der Analyse des Ist-Zustands ist die Erfassung und Untersuchung der verkehrlichen Situation, ihrer beeinflussenden Gegebenheiten und ihrer Auswirkungen. Dabei ist auch die Untersuchung von Wirkungszusammenhängen erforderlich. Sie stellt eine Form der Bestandsaufnahme dar, welche für eine weitere Maßnahmenplanung auch zukünftige Entwicklungen berücksichtigen muss, die nicht unmittelbar aus dem aktuellen Planungsgeschehen abgeleitet werden können. Dies trifft beispielsweise auf Planungen und Festschreibungen anderer Planungsträger zu. Die Darstellung des Ist-Zustands stellt gleichzeitig das planerische Null-Szenario dar. Zeitliche Entwicklungen wie beispielsweise die stetige Zunahme des PKW-Verkehrs, die nicht im Zusammenhang mit der Planungsmaßnahme stehen, bleiben unberücksichtigt.

Das Menü „Analyse Ist-Zustand“ umfasst die Menüpunkte „Festschreibungen darstellen“, „Verkehrsinfrastruktur untersuchen“, „Streckenbelastung darstellen“, „Sozioökonomische Daten“ und „Bestehende Umweltbelastungen“ (vgl. Abbildung 7).

Planfall	Analyse Ist-Zustand	Wirkungsanalyse	Hilfe
	Festschreibungen darstellen ▶		
	Verkehrsinfrastruktur untersuchen ▶		
	Streckenbelastung darstellen ▶		Alle Reisezwecke
	Sozioökonomische Daten ▶		Berufsverkehr
	bestehende Umweltbelastungen ▶		Einkaufsverkehr
			Besuchsverkehr
			Schülerverkehr
			Versorgungsverkehr
			Hochschulverkehr

Abbildung 7: Übersicht über das Menü „Analyse Ist-Zustand“.

Die Darstellung bestehender Festschreibungen ermöglicht dem Anwender anderweitige planerische 'Zwangspunkte' für das Untersuchungsgebiet frühzeitig zu erkennen. Dies können sowohl positive Effekte sein (z.B. bereits bestehende planerische Maßnahmen zur Behebung eines Defizits) als auch negative Effekte sein (z.B. eine mit den Zielen unvereinbare Maßnahme). Bei negativen Effekten entsteht bei Ausarbeitung eines entsprechenden Planungsszenarios ein Konflikt im Bereich der Wirkungsanalyse, da diese einer Planungsmaßnahme entgegenstünden. Folgende Festschreibungen können dargestellt werden:

- Regionalplanerische Regelungen (LEP, GEP und LP);
- Verkehrsplanerische Regelungen (VEP, GEP);
- Städtebauliche Regelungen (Bauflächen, FNP, B-Pläne);
- Schutzgebiete (NSG, LSG, LB, Naturparke, Naturdenkmäler, schutzwürdige Biotope, FFH/Vogelschutzgebiete);
- Verkehrsrechtliche Regelungen (Geschwindigkeitsbegrenzungen, Durchfahrtsbeschränkungen).

Der Menüpunkt „Verkehrsinfrastruktur untersuchen“ ist für einen integrativen Planungsansatz in die Bereiche MIV und ÖPNV untergliedert. Ziel ist hier, dem Anwender eine Über-

sicht über das bestehende Straßennetz bzw. den Linienverlauf, die Taktdichte, etc. beim ÖPNV anzubieten, auch um konkurrierende Planungen und Angebote zu vermeiden.

Die Menüpunkte zur *Darstellung der Streckenbelastungen* im Straßenbereich und der *Darstellung bestehender Umweltbelastungen* dienen u.a. zur Herleitung bzw. Begründung von Handlungsbedarfen. Um raumplanerische und städtebauliche Wechselwirkungen besser identifizieren zu können, ist die Berechnung der Streckenbelastungen nach Reisezwecken gegliedert (vgl. Abbildung 7). Somit kann abgeschätzt werden, mit welcher Tendenz sich raumplanerische Maßnahmen auf die zukünftige Entwicklung der Streckenbelastungen auswirken. Zu diesem Zweck ist es möglich, *sozio-ökonomische Daten* darzustellen. Diese Daten dienen zugleich der Ermittlung der Streckenbelastungen bzw. ÖV-Auslastungen. Die Untersuchung der bestehenden Umweltbelastungen bezieht sich auf die Bereiche Lärm und Schadstoffe und basiert auf den Berechnungen von Streckenbelastungen.

3.3.3 Menü „Wirkungsanalyse“

Bei der Wirkungsanalyse werden von der Verkehrsplanung die voraussichtlichen positiven und negativen Folgen analysiert, welche nach der Realisierung einer Maßnahme auftreten. Dies sind nicht nur die unmittelbaren Auswirkungen auf den Verkehrsfluss, sondern auch die Folgewirkungen auf andere Bereiche bzw. Belange. Die Wirkungsanalyse stellt somit die Grundlage für den Vergleich verschiedener Planungsszenarien dar und ist ein wichtiges Instrument zur Entscheidungsunterstützung. Gleichzeitig liefert sie Informationen darüber, welche Belange in einem ggf. erforderlichen Planfeststellungsverfahren für den Abwägungsprozess eingestellt werden müssen.

Da die Berücksichtigung öffentlicher und privater Belange ein wesentliches Kriterium von Planungsprozessen ist, wurde für das Konzept der VuGIS-Benutzerschnittstelle eine Gliederung nach Bereichen bzw. Belangen vorgenommen (vgl. Kap. 2.3.2). Das Menü „Wirkungsanalyse“ umfasst die Menüpunkte „Übergeordnete Planung“, „Belange der Umwelt“, „Städtebauliche bzw. gesamtstädtische Belange“, „Belange des Verkehrs“, „Soziale Belange“ und „Wirtschaftliche Belange“, welche durch Untermenüpunkte wiederum weiter spezifiziert wurden (vgl. Abbildung 8).

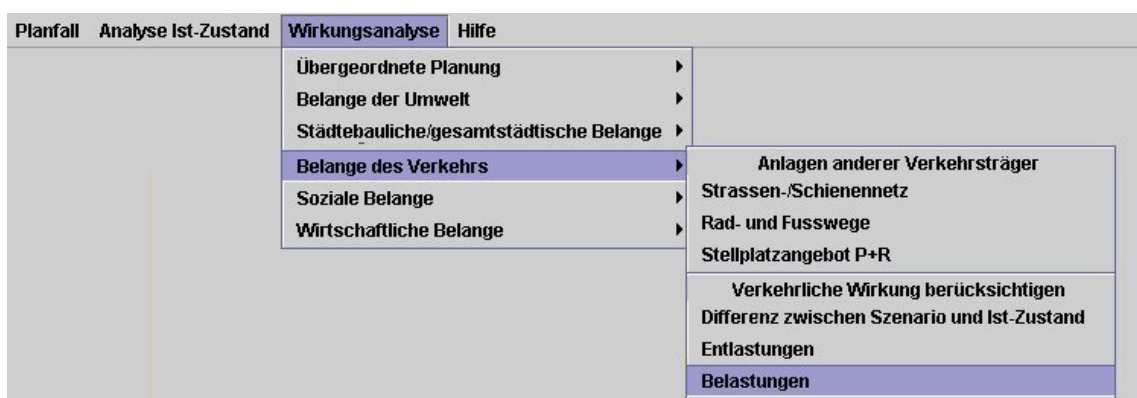


Abbildung 8: Übersicht über das Menü „Wirkungsanalyse“.

Eine Auflistung sämtlicher Untermenüpunkte zur Wirkungsanalyse findet sich in Tabelle 3, wobei kursiv gedruckte Einträge als nicht aktive Menüpunkte lediglich einer übersichtlicheren Strukturierung bzw. einem besseren Verständnis dienen.

Tabelle 3: Übersicht über die Untermenüpunkte des Menüs „Wirkungsanalyse“.

Übergeordnete Planung	Städtebauliche/gesamstädtische Belange
<i>Raumordnung/Landesplanung</i>	<i>FNP (Flächennutzungsplan)</i>
LEP (Landesentwicklungsplan)	Öffentl. Einrichtungen
GEP (Gebietsentwicklungsplan)	Siedlungsflächen
LP (Landschaftsplan)	Gewerbegebiete
<i>Verkehrsplanung</i>	Trassenumfeld
VEP/GVP (Verkehrsentwicklungsplan)	<i>B-Pläne (Bebauungspläne)</i>
Bundesfernstraßenplan	Öffentl. Einrichtungen
Landesstraßenbedarfsplan	Siedlungsflächen
	Gewerbegebiete
Belange der Umwelt	Trassenumfeld
<i>Konflikte mit natürlicher Umwelt</i>	Einrichtungen der techn. Infrastruktur
Schutzgebiete	<i>Realnutzung</i>
<i>Konflikte mit Schutzgebieten</i>	Öffentl. Einrichtungen
Geschützte Landschaftsbestandteile	Siedlungsflächen
Naturschutzgebiete	
Landschaftsschutzgebiete	Belange des Verkehrs
Naturdenkmäler	<i>Anlagen anderer Verkehrsträger</i>
Schutzwürdige Biotope	Straßen-/Schienennetz
FFH-Gebiete/Vogelschutzgebiete	Rad- und Fußwege
<i>Konflikte mit anderen Flächen</i>	Stellplatzangebot P+R
Boden	<i>Verkehrliche Wirkung</i>
Waldgebiete	Differenz zw. Szenario und Ist-Zustand
Hochwasserzonen	Entlastungen
Landwirtschaftliche Flächen	Belastungen
Forstwirtschaftliche Flächen	
Rohstoffabbauflächen	Soziale Belange
Schutzgüter bewerten	Unfälle
<i>Immissionsschutz bewerten</i>	Konflikte mit Immissionsschutz
Lärmimmissionen	
Schadstoffimmissionen	Wirtschaftliche Belange
	Bau- und Unterhaltungskosten
	Kosten und Finanzierung
	Monetärer Nutzen

Nachdem sämtliche Untermenüpunkte zur Wirkungsanalyse aufgelistet worden sind, wird die Funktionsweise im Folgenden für fünf ausgewählte Untermenüpunkte exemplarisch erläutert.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die (Unter-)Menüpunkte sowie den dahinter stehenden Systemfunktionalitäten und über die Interaktionsmöglichkeiten des Anwenders. In den meisten Fällen erscheinen die Ergebnisse direkt nach dem Aufruf des Menüpunktes, ohne dass weitere Angaben vom Benutzer erforderlich sind.

Tabelle 4: Übersicht über ausgewählte Systemfunktionen des Menüs „Wirkungsanalyse“.

(Unter-)Menüpunkt	Funktionalität	Interaktionen
Belange der Umwelt <i>Konflikte mit natürlicher Umwelt</i> Schutzgebiete <i>Konflikte mit Schutzgebieten</i> Naturschutzgebiete	Hier können die Konflikte auf zwei optionale Arten ermittelt werden. Bei der ersten werden die Konfliktbereiche durch eine direkte Verschneidung der Straßenelemente mit den unterschiedlichen Schutzgebieten bestimmt. Bei der zweiten erhält der Anwender die Möglichkeit, um die Straße eine Pufferzone in einem beliebigen Abstand zu generieren. Für diese Pufferzone werden die Nutzungskonflikte ähnlich wie bei der ersten Stufe ermittelt.	Wizard, Optionale Wahl einer Pufferbreite
Städtebaul./gesamstädt. Belange <i>FNP (Flächennutzungsplan)</i> Siedlungsflächen	Hier werden die Festsetzungen des FNP mit der durch die Maßnahme beabsichtigten Nutzung abgeglichen. Ist bspw. ein für Straßenbau zu beplanendes Gebiet als Siedlungsfläche im FNP festgesetzt, dann wird die entsprechende Fläche als Konfliktbereich farblich hervorgehoben.	Auswahl des Menüpunkts
Belange des Verkehrs <i>Verkehrliche Wirkung</i> Entlastungen	Hier wird dargestellt, in welchen Bereichen innerhalb des Untersuchungsgebiets durch eine Maßnahme verkehrliche Entlastungen gegenüber dem Null-Szenario zu erwarten sind. Die Straßensegmente mit Entlastungen werden farblich gekennzeichnet.	Auswahl des Menüpunkts
Belange des Verkehrs <i>Verkehrliche Wirkung</i> Belastungen	Hier wird dargestellt, in welchen Bereichen innerhalb des Untersuchungsgebiets durch eine Maßnahme neue verkehrliche Belastungen gegenüber dem Null-Szenario zu erwarten sind. Die Straßensegmente mit neuen Belastungen werden farblich gekennzeichnet.	Auswahl des Menüpunkts
Belange des Verkehrs <i>Verkehrliche Wirkung</i> Differenz zwischen Szenario und Ist-Zustand	Im Gegensatz zu den Menüpunkten <i>Be-</i> und <i>Entlastungen</i> werden hier quantitative Angaben gegenüber dem Null-Szenario gemacht. Dazu wird unter Einsatz des Verkehrsmodells die absolute Zahl der Verkehrsbewegungen dargestellt. Es wird nicht nach Reisezwecken differenziert.	Auswahl des Menüpunkts

3.4 Die Wissensbasis

Die Wissensbasis stellt sicher, dass die vom Benutzer über die Metaphern der Benutzeroberfläche selektierten Aufgaben vom VuGIS-Prototypen korrekt umgesetzt werden.

3.4.1 Funktionsweise

Führt der Benutzer einen Befehl (*User Task*) aus, so wird in einem ersten Schritt durch die Wissensbasis ermittelt, ob alle relevanten Daten und Informationen zur Ausübung des gewünschten *User Tasks* zur Verfügung stehen. Ist dies der Fall, wird der *User Task* in eine konkrete, zeitlich festgelegte Befehlssequenz der elementaren Systemfunktionalitäten (*System Tasks*) übersetzt, damit der *User Task* von der Programmsteuerung ausgeführt werden kann. Für den Fall, dass nicht alle benötigten Daten in der VuGIS-Datenbank vorliegen, wird eine entsprechende Meldung zurückgegeben. Diese kann von der Programmsteuerung entweder dazu verwendet werden, den Anwender auf die fehlenden Grundlagendaten hinzuweisen, oder einen Dienst anzustoßen, der in verschiedenen Datenquellen nach den benötigten Daten sucht (*Catalog Service*) bzw. diese eventuell durch Ausführung elementarer *System Tasks* autonom erzeugt.

Im Folgenden wird der prinzipielle Aufbau der Wissensbasis des VuGIS-Prototypen erläutert.

3.4.2 Aufbau der VuGIS-Wissensbasis

Grundlegende Bausteine der VuGIS-Wissensbasis sind

- *User Tasks* bzw. die Metaphern der Benutzerschnittstelle, welche diese repräsentieren,
- elementare *System Tasks* und
- Daten, welche als Eingabeparameter der *System Tasks* benötigt bzw. von diesen erzeugt werden.

Für jeden *User Task* wurde eine Baumstruktur angelegt, aus welcher hervorgeht, auf Grundlage welcher Daten und mit welchen *System Tasks* der *User Task* umgesetzt werden kann. Diese Baumstruktur wird im Folgenden als *Task*-Baum bezeichnet. In der VuGIS-Wissensbasis sind diese *Task*-Bäume, rekursiv in Teilbäume unterteilt, durch mehrere Tabellen abgelegt (Lutz, 2002).

Am Beispiel des *User Tasks* „*Bodenkonflikte bewerten*“ wird der beschriebene Aufbau der Wissensbasis durch Abbildung 9 verdeutlicht. Die entsprechenden Teilbäume sind durch gestrichelt umrandete Felder dargestellt.

Aus dem zum *User Task* gehörigen allgemeinen *Task*-Baum und den Teilbäumen wird der für den Anwendungsfall zu verwendende konkrete *Task*-Baum algorithmisch abgeleitet. Dabei wird berücksichtigt, welche Daten für die einzelnen Teilbäume in der VuGIS-Datenbank bereits vorliegen. Ist ein benötigte Datentyp nicht vorhanden, so wird der *System Task* zur Erzeugung dieses Datentyps sowie die von ihm benötigten Eingabe-Datentypen ausgelesen. Anschließend wird überprüft, ob die benötigten Eingabe-Parameter für das betreffende Szenario bereits vorliegen. Dieses Vorgehen wird so lange wiederholt, bis entweder alle Eingabe-

Datentypen vorliegen oder die Wissensbasis keine Informationen mehr darüber enthält, wie ein benötigter Datentyp aus anderen Datentypen erzeugt werden kann.

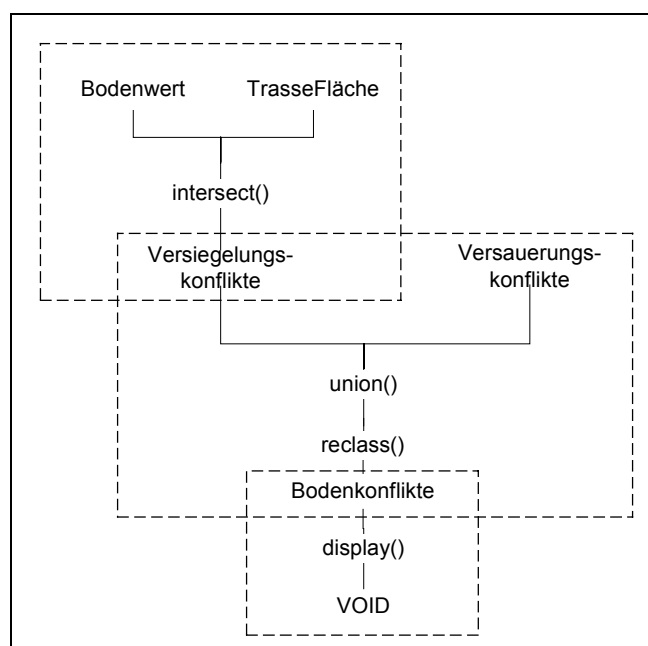


Abbildung 9: Übersetzung des User Tasks „Bodenkonflikte bewerten“ in System Tasks.

Besteht die Möglichkeit, den User Task auszuführen, so werden die System Tasks von der Programmsteuerung an die entsprechenden Komponenten der Bearbeitungs- und Analyse-Module weitergegeben (vgl. Abbildung 4).

3.5 Das Geoinformationssystem

Ein Ziel des VuGIS-Projekts war die Entwicklung eines entscheidungsunterstützenden Analyse- und Informationssystems für die Verkehrsplanung, das die umfassenden Funktionalitäten eines Geoinformationssystems (GIS) einbindet.

Zum einen bieten GIS potenziell eine Plattform zur integrierenden Erschließung von bestehenden oder im Planungsprozess anfallenden heterogenen Datenbeständen. Die Basis bildet dabei eine raumbezogene Datenbank, welche die überwiegend vorherrschende Trennung zwischen plan- und tabellenorientierten EDV-Systemen überwindet (Krahl, 1999). Zum anderen verfügen leistungsstarke GIS über viele, z.T. sehr komplexe Funktionen zur Editierung, Analyse und Visualisierung der Datenbestände. Im prototypischen VuGIS-System werden vor allem GIS-Funktionalitäten für

- die graphische Bearbeitung von Daten (z.B. Digitalisieren einer neuen Trasse),
- die Visualisierung von Ausgangsdaten und Modellergebnissen (mit der Möglichkeit, topographische Karten als Hintergrund ein- bzw. auszublenden),
- die räumliche und thematische Selektion (z.B. das Zoomen auf einen bestimmten Fensterausschnitt bzw. die Selektion all jener Rasterzellen, deren Werte einen Grenzwert überschreiten) und
- räumliche Analysen (z.B. Verschneiden oder Puffern)

genutzt.

Im Folgenden wird dargelegt, welches GIS in das VuGIS-System integriert wird (Kap. 3.5.1) und wie diese Implementierung im Einzelnen erfolgte (Kap. 3.5.2).

3.5.1 Auswahl eines geeigneten Geoinformationssystems

Im VUGIS-Projekt spielen verschiedene Funktionalitäten eines Geoinformationssystems (GIS) eine Rolle: Eine grundlegende Funktion ist die Verwaltung der verschiedenen raumbezogenen Daten (Geometrie- und Sachdaten), die für die Planfälle benötigt werden und die in den anderen Programmpaketen Verwendung finden. Darüber hinaus werden im Rahmen des Modellsystems auch GIS-Funktionen zur Analyse (z.B. Verschneidungsoperationen) und zur Visualisierung bzw. Ergebnispräsentation benötigt. Für die Integration von Umwelt- und Verkehrsmodellen bietet ein GIS zudem die Möglichkeit als 'Schnittstelle' zu dienen, z.B. hinsichtlich der Konvertierung verschiedener Datenformate. In der Regel vereinigen GIS diese Funktionen mit einer Benutzerschnittstelle und z.T. auch mit einer eigenen Datenbank.

Moderne Ansätze komponentenbasierter Systemarchitekturen trennen die Benutzerschnittstelle, die Visualisierungs- und Analysekomponenten sowie die Datenhaltung voneinander (vgl. Kap. 3.2). Die einzelnen Komponenten (im VuGIS-System gilt dies auch für die Modelle) werden dann von einer separaten Benutzerschnittstelle angesprochen. Durch diese Trennung sind die einzelnen Komponenten relativ leicht austauschbar und können auch von verschiedenen GIS bereitgestellt werden.

Aus Kapazitätsgründen sollte bei der Implementierung des prototypischen VuGIS-Systems zunächst nur auf die Funktionalitäten eines einzigen GIS zurückgegriffen werden. Der modulare Aufbau der Systemarchitektur wird davon jedoch nicht beeinträchtigt. Es bestand daher die Notwendigkeit, ein GIS auszuwählen, das alle an die verschiedenen System-Komponenten gestellten Anforderungen erfüllt. Im Folgenden werden die Kriterien vorgestellt, welche für die Auswahl des GIS ausschlaggebend waren.

Zur Wahrnehmung der oben skizzierten Aufgaben (Datenbank, Analyse, Präsentation) wird ein hybrides GIS benötigt, d.h. ein System, das sowohl Vektor- als auch Rasterdaten verarbeiten kann. Einseitig ausgerichtete GIS sind aufgrund ihres beschränkten Funktionsumfangs nicht empfehlenswert. Da räumliche Analysen verwendet werden, bei denen sowohl Vektor- als auch Rasterdaten verwendet werden, sollte zudem die Möglichkeit zur Konvertierung von Vektor- in Rasterdaten (und umgekehrt) bestehen.

Für den Umgang mit heterogenen Daten sollte das GIS eine möglichst breite Anzahl von unterschiedlichen Datenformaten verarbeiten können. Wünschenswert wäre außerdem ein Zugriff auf die momentan gebräuchlichsten kommerzielle Datenbanken: Oracle, MS-SQL-Server, Informix, Xbase, Sybase, Ingres und andere ODBC-konforme Datenbanken. Darüber hinaus verfügen viele GIS auch über eine interne raumbezogene Datenbank. Je größer die Auswahl der unterstützten Datenbankformate des GIS ist, desto problemloser ist die Implementierung des prototypischen Analyse- und Informationssystems.

Damit das GIS für komplexe und reziproke räumliche Analysen eingesetzt werden kann, sollte es die grundlegendsten Funktionen zur Analyse von Vektordaten (z. B. Erzeugen von Puffern, Verschneidungsoperationen, Aggregationen, Nachbarschaftsabfragen, Entfernungsbe-

rechnung oder Bestimmung kürzester Wege) und von Rasterdaten (z. B. Map Algebra, Interpolation) bereitstellen.

Einhergehend mit den Analysemöglichkeiten sind die unterstützten Objekte bzw. Objektklassen entscheidend, die vom GIS bearbeitet werden können. Zu den Standardobjekten zählen Links (Strecken), Nodes (Knoten), Points (Punkte), Polygons (Flächen), Regions (Zusammenschluss verschiedener Flächen), Routes (Zusammenschluss verschiedener Strecken), Annotations (textl. Erläuterungen). Wichtig dabei ist, dass das GIS diese Objekte nicht nur verarbeiten kann, sondern dass zwischen ihnen auch Topologien gebildet werden können, da sonst viele Analysemöglichkeiten nicht möglich sind (z.B. Nachbarschaftsabfragen). Eine Speicherung der Topologie ist nicht zwingend notwendig, allerdings könnten dadurch Performanzvorteile erzielt werden. Bietet ein GIS zudem die Möglichkeit an, zu den aufgelisteten üblichen Standardobjekten weitere eigene, benutzerdefinierte Objekte zu generieren und zu verarbeiten, ist dies als zusätzlicher Pluspunkt zu werten.

Eine wesentliche Rolle für die Anpassung (Customization) eines GIS an die Erfordernisse des VuGIS-Systems spielt seine Programmierbarkeit. Obwohl im Rahmen des VuGIS-Projekts nur auf ein einziges GIS zurückgegriffen wurde, sollte auch bei der prototypischen Implementierung die modulare Systemarchitektur des VuGIS-Systems beibehalten werden. Das GIS muss daher die Möglichkeit anbieten, einzelne GIS-Funktionalitäten aus einer vom GIS getrennten Anwendung (der Benutzerschnittstelle) heraus ansprechen zu können. Die einzelnen GIS-Komponenten sollten dabei in einer Standardprogrammiersprache wie Java, C++ oder VB (Visual Basic) angesprochen werden können. Dabei sind GIS, die eine Programmierung in Java ermöglichen, zu bevorzugen, da Java im Gegensatz zu den anderen oben genannten Sprachen eine plattformübergreifende Interoperabilität gewährleistet.

Bei der Auswahl eines geeigneten GIS für die Implementierung in das VuGIS-System spielten vor allem die angebotenen Funktionalitäten des GIS, die unterstützten Datenformate und die Programmierbarkeit eine besondere Rolle. Obwohl für die oben beschriebenen Kriterien prinzipiell mehrere GIS unterschiedlicher Hersteller in Frage kamen, wurde in einem Abwägungsprozess vom VuGIS-Projekt entschieden, das Produkt ArcGIS der Firma ESRI für die prototypische Entwicklung des Analyse- und Informationssystems einzusetzen (ausführlich in: Schürmann et al., 2000).

3.5.2 Integration von ArcGIS in das VuGIS-System

Das ausgewählte Geoinformationssystem ArcGIS kommt sowohl im Analyse- als auch im Bearbeitungs-Modul des VuGIS-Systems zum Einsatz und stellt daher eine zentrale Komponente des prototypischen Analyse- und Informationssystems dar (vgl. Abbildung 4).

Für die Implementierung in den VuGIS-Prototypen wurde die im Produktumfang von ArcGIS (in der Lizenzstufe „ArcInfo“) enthaltene „Open Development Environment (ODE) for Java“ genutzt. Diese ODE stellt die Kommandozeilenfunktionalitäten der ArcInfo-Programme als Application Programming Interface (API) durch eine Reihe von Java Beans (Arc, Arcedit, Arcplot und Grid) zur Verfügung. Diese Java Beans können auch als graphische Komponente in die Benutzeroberfläche eingebunden werden. Auf diese Weise konnten über die ODE prinzipiell sowohl die Visualisierungs- als auch die Analysefunktionalitäten von ArcInfo in vollem Umfang angesprochen werden. Abbildung 10 stellt einen Auszug aus den dazugehörigen Quellcodes dar.

```

/**
 * bean is initialised as a public and static variable, therefore it will be accessible from
 * anywhere in the program
 */
public static Arcedit aeBean = new Arcedit();

/**
 * adds the Arcedit canvas to a component of the graphical user interface
 * @param com, the graphical user interface component
 * @param layout specifies where to place the Arcedit canvas
 */
public static void addAeBean(Visualisation com, String layout){
    com_ = com;
    com_.add(aeBean, layout);
}

(...)

/**
 * pops up a file chooser for coverages, sets the draw environment to arc and
 * displays the chosen coverage
 */
public static void load(JComponent com) {
    String ws = aeBean.getProperty("workspace");
    CoverBrowser myChooser = new CoverBrowser(aeBean, ws);

    if (myChooser.showOpenDialog(com) == CoverBrowser.APPROVE_OPTION) {
        String coverName = myChooser.getSelectedFile().getAbsolutePath();

        aeBean.command("DRAWENVIRONMENT ARC ON");

        aeBean.command("editcover " + coverName);
        aeBean.command("mape "+coverName);
        aeBean.command("symbolitem arcs 2");
        aeBean.command("draw");
    }
}

```

Abbildung 10: Auszüge aus dem Java-Quellcode zur Einbindung von ArcInfo.

Bei der Implementierung ergab sich allerdings die Einschränkung, dass nicht zwei Instanzen der Beans in einem Programm nebeneinander existieren können. Entsprechend wird die Ausführung von Visualisierungs- und Analysefunktionalitäten im VuGIS-Prototypen von ein und derselben Instanz einer Arcedit Bean übernommen. Die strikte Trennung zwischen Visualisierungs- und Analysekomponente, so wie sie in der Systemarchitektur vorgesehen ist (vgl. Kap. 3.2), musste damit an dieser Stelle bei der Entwicklung des VuGIS-Prototypen aufgegeben werden.

Aufgrund dieser Einschränkung war es erforderlich, Teile der Programmintelligenz aus dem Programmcode in AML-Skripte (Arc Macro Language) 'auszulagern'. Diese Skripte sind zusammen mit anderen AML-Skripten, die u.a. den Datenaustausch zwischen den unterschiedlichen Modellen organisieren (s. Kap. 3.8), in einer eigenen Tabelle in der VuGIS-Datenbank abgelegt.

Darüber hinaus wurden ESRI-Datenformate im VuGIS-Prototypen als zentrale Konvertierungsformate für den Datenaustausch zwischen den Komponenten Geoinformationssystem, Verkehrs- und Umweltmodell genutzt.

3.6 Das Verkehrsmodell

Verkehrsmodelle dienen der Quantifizierung der Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterverkehr sowie der Modellierung und Prognose des Verkehrsaufkommens, der Verkehrsverflechtungen und der Verkehrsstruktur. Als ein zentrales Analysemodell stellt es unverzichtbare Basisinformationen für die Bewertung von Planfällen und Szenarien der Verkehrs- und Flächennutzungsplanung zur Verfügung.

Aufgrund der offen und flexibel gestalteten Systemarchitektur besteht eine prinzipiell große Unabhängigkeit in der Auswahl des zu integrierenden Verkehrsmodells (vgl. Kap. 3.2). In dem VuGIS-Prototypen wurde das Verkehrsmodell *VSS* der Firma HHS Ingenieur GmbH (Aachen) eingesetzt, da es in den öffentlichen Institutionen der Fallstudien-Regionen bereits seit langem verwendet wird.

3.6.1 Aufbau von VSS

Das Verkehrsmodell *VSS* basiert auf dem klassischen vierstufigen Algorithmus zur Verkehrsmodellierung, bestehend aus den Modulen Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsmittelwahl und Umlegung (vgl. Abbildung 11).

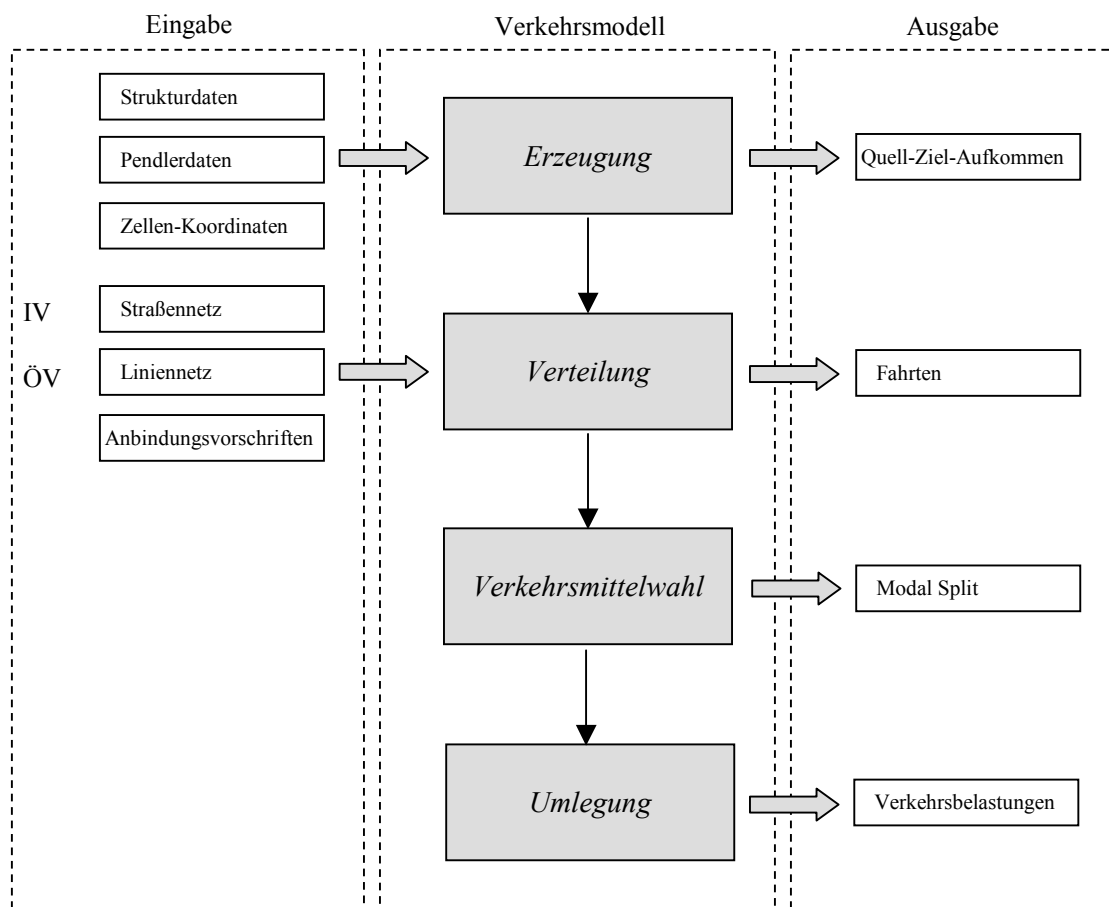


Abbildung 11: Vier-Stufen-Modell des Verkehrssimulationsprogramms *VSS*.

Das auf einem Gravitationsansatz beruhende Verkehrssimulationsprogramm benötigt als Input im Wesentlichen Daten zur Lage der Verkehrszellen, sozio-ökonomische sowie soziodemographische Strukturdaten für die Verkehrszellen, Pendlerdaten und Daten über die Verkehrsnetze sowie ihre Anbindung an die Verkehrszellen (Schwarze und Schürmann, 2001) (vgl. Kap. 2.4.1). Mit Hilfe der Bearbeitungs-Module können diese Input-Daten zur Erzeugung verschiedener Szenarien innerhalb des VuGIS-Systems editiert werden.

Mit dem Modul Erzeugung wird in einem ersten Simulationsschritt für alle Verkehrszellen die Anzahl der Quell- und Zielverkehre bestimmt. VSS unterscheidet dabei grundsätzlich zwischen folgenden zwölf Reisezwecken (HHS, 2000):

- Fahrten von der Wohnung zum Arbeitsplatz (Hinfahrt Berufsverkehr);
- Fahrten von der Wohnung zum Einkauf/zur Besorgung (Hinfahrt Einkaufsverkehr);
- Fahrten von der eigenen Wohnung zu einer fremden Wohnung (Hinfahrt Besuchsverkehr);
- Fahrten von der Wohnung zur Schule (Hinfahrt Schülerverkehr);
- Fahrten vom Arbeitsplatz zur Wohnung (Rückfahrt Berufsverkehr);
- Fahrten vom Einkauf/Besorgung zur Wohnung (Rückfahrt Einkaufsverkehr);
- Fahrten von der fremden Wohnung zur eigenen Wohnung (Rückfahrt Besuchsverkehr);
- Fahrten von der Schule zur Wohnung (Rückfahrt Schülerverkehr);
- Fahrten zwischen Arbeitsplätzen (Versorgungsverkehr);
- Fahrten zwischen Wohnplätzen (Versorgungsverkehr);
- Fahrten von der Wohnung zur Hochschule (Hinfahrt Hochschulverkehr);
- Fahrten von der Hochschule zur Wohnung (Rückfahrt Hochschulverkehr).

Im zweiten Schritt, der Verkehrsverteilung, wird eine nach den zwölf Reisezwecken differenzierte Fahrten-Matrix mit der Anzahl der Fahrten zwischen allen Quell- und Zielregionen erstellt. Im dritten Schritt werden diese Fahrten durch das Modul Verkehrsmittelwahl auf die einzelnen Verkehrsmittel des IV und ÖV aufgeteilt. Das vierte Modul legt die ermittelten und aufgeteilten Fahrten auf die einzelnen Netzelemente um, so dass als Endergebnis Verkehrsbelastungen im IV für einzelne Straßenabschnitte (Strecken) sowie Kreuzungen (Knoten) und im ÖV für einzelne Strecken, Linienabschnitte sowie Haltestellen ausgegeben werden.

3.6.2 Automatisierung von VSS

Bei dem Verkehrsmodell VSS handelt es sich um ein kommandozeilen-basiertes DOS-Programm ohne graphische Benutzeroberfläche. Weil ein direkter Zugriff über COM- oder ODE-Schnittstellen (z.B. Java-API) nicht möglich ist, erfolgt die Ausführung der Verkehrssimulation über Stapelverarbeitungsdateien, welche direkt von der VuGIS-Programmsteuerung aufgerufen werden können. Hierzu wurden in Analogie zu dem Vier-Stufen-Modell der Verkehrssimulation vier Batch-Dateien (erzeugung.bat, verteilung.bat, modal-split.bat, umlegung.bat) entwickelt, welche die einzelnen VSS-Unterprogramme der jeweiligen Modellstufe steuern (Schwarze, 2002). Abbildung 12 zeigt zur Verdeutlichung einen Auszug aus dem Code der Batch-Datei verteilung.bat.

Jede Modellstufe kann zwar separat über ihre jeweilige Batch-Datei angesprochen werden, baut allerdings – mit Ausnahme der ersten Stufe – auf den Ergebnissen des vorherigen Moduls auf. Neben den für die Verkehrsplanung relevanten Ergebnissen stellt VSS bei der Ausführung eine Vielzahl an weiteren (Zwischen-)Ergebnissen bereit. In der Regel werden diese

```

@ECHO off
REM Diese Batchdatei steuert das Modul 'Verteilung' des Verkehrssimulationsmodells VSS.
REM Es wird die Protokoll-Datei <verteilung.log> erzeugt.

SET pfad=%path%
PATH %pfad%;c:\hhs\bin;c:\hhs\cpl;c:\hhs\utl;c:\gks\bin
CALL q > verteilung.log

REM Arbeitsschritt 1: Berechnung der Raumwiderstandsmatrix für den MIV
CALL codnet < cod1.dat >> verteilung.log
IF EXIST NET-BNK DEL NET-BNK /q
IF EXIST P-ANBIV DEL P-ANBIV /q
IF EXIST P-IVWIJ DEL P-IVWIJ /q
RENAME NET-NEU NET-BNK
COPY P-ANBIV.MIV P-ANBIV >> verteilung.log
COPY P-IVWIJ.MIV P-IVWIJ >> verteilung.log
IF EXIST VNETZ DEL VNETZ /q
IF EXIST V-NETZ.NEU DEL V-NETZ.NEU /q
CALL netcod < return.dat >> verteilung.log
RENAME V-NETZ.NEU VNETZ >> verteilung.log
IF EXIST NET-SAV DEL NET-SAV /q
CALL ivwij < return.dat >> verteilung.log

(...)

REM Arbeitsschritt 4: Generierung der reisezweckspezifischen Fahrtenmatrizen
CALL ideell < return.dat >> verteilung.log
SH verteilung.ksh %1
FOR %%i IN (1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12) DO DEL O-VERTEIL.%%i /q
IF EXIST T.000 DEL T.000 /q
IF EXIST T.001 DEL T.001 /q
IF EXIST T.002 DEL T.002 /q
IF EXIST T.003 DEL T.003 /q
FOR %%i IN (2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13) DO displa < dis%%i.dat >> verteilung.log

PATH %pfad%
ECHO on

```

Abbildung 12: Auszug aus der Batch-Datei *verteilung.bat*.

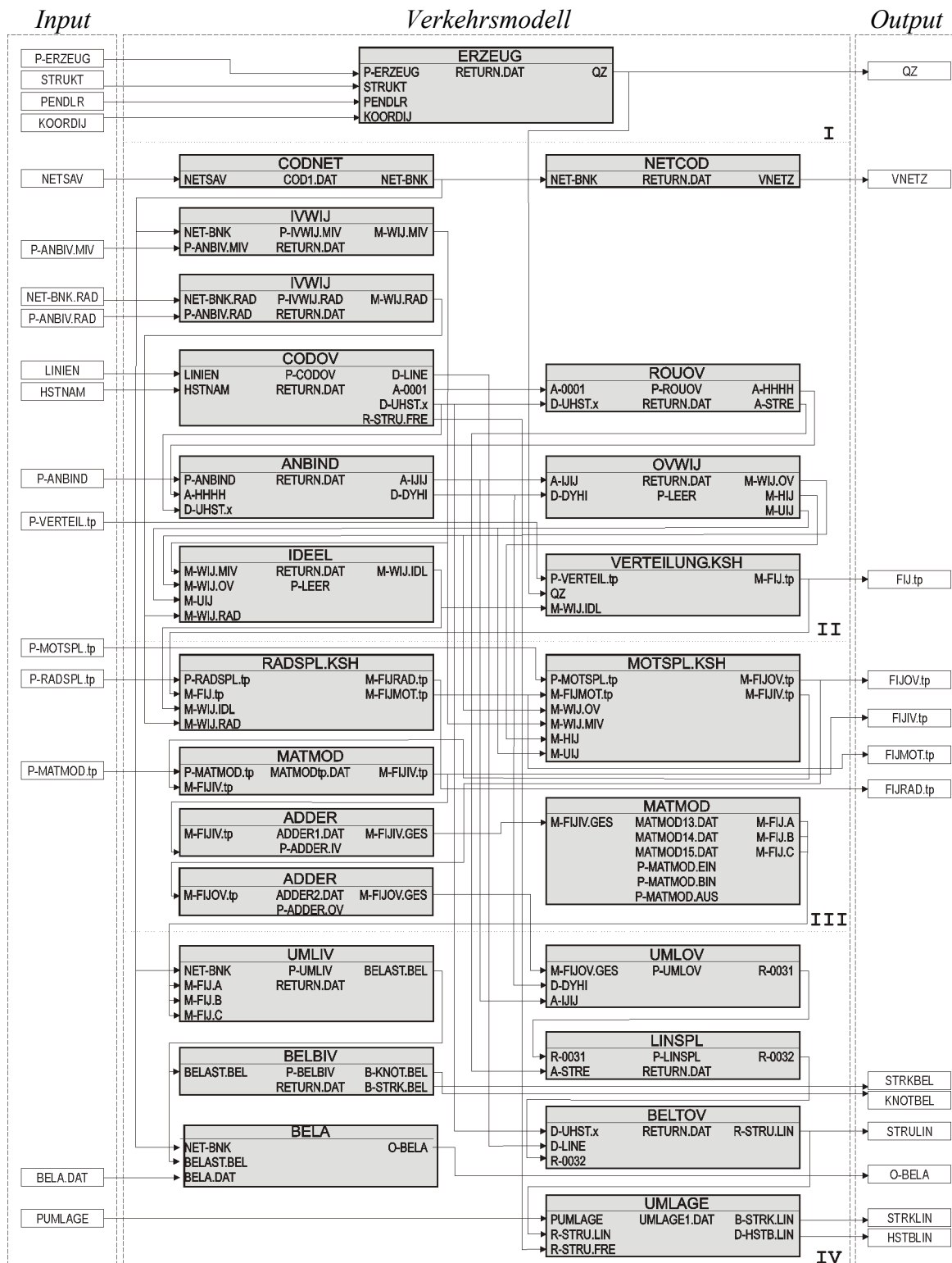
systemintern in binären Dateien zwischengespeichert, um im weiteren Ablauf als Eingabe-Dateien anderer VSS-Unterprogramme zur Verfügung zu stehen. Wird durch den Benutzer in Abhängigkeit vom Analysezweck nur ein bestimmtes Modul gestartet, stellt die Programmsteuerung des VuGIS-Systems sicher, dass die temporär abgelegten (Zwischen-) Ergebnisse der jeweils vorhergehenden Modellstufe vorliegen (vgl. Kap. 3.2 und 3.9). Abbildung 13 verdeutlicht zum einen den Gesamtprozess der Verkehrssimulation samt internem und externem Datenfluss im Detail, und zum anderen veranschaulicht sie die Namen der ASCII-Eingabe- und Ausgabedateien.

3.6.3 Ergebnisse der Verkehrssimulation

Die Ergebnisse des Verkehrsmodells werden abschließend mit Hilfe der eigens im Rahmen des VuGIS-Projekts entwickelten Schnittstellen (s. Kap. 3.8) in die VuGIS-Datenbank übergeben und können für eine Visualisierung oder für weitere Analysen abgerufen werden. Im Folgenden wird kurz auf die Ergebnisse der Verkehrssimulation eingegangen.

Sämtliche Ergebnisse werden von VSS im ASCII-Format ausgegeben (vgl. Schwarze und Schürmann, 2001).

In der ersten Stufe (Erzeugung) wird die Datei *QZ* generiert, in welcher Quell- und Zielverkehrsaufkommen aller Verkehrszellen des Planungsraums und des Umlands getrennt nach den



Legende:



- I Erzeugung
- II Verteilung
- III Modal Split
- IV Umlegung

Abbildung 13: Externer und interner Datenfluss im Verkehrsmodell VSS.

zwölf Reisezwecken enthalten sind. Mittels einer Transportfunktion mit Fußwegeausgleich wird zwischen mechanischem Verkehr (MIV, ÖPNV, Radverkehr) und Fußverkehr unterschieden.

Durch die zweite Stufe (Verteilung) werden die Verkehrsverflechtungen berechnet, welche in den Dateien *FIJ.tp* unterteilt in die zwölf Reisezwecke mit *tp* von 1 bis 12 gespeichert sind. Ausgegeben wird hierbei die absolute Anzahl der Fahrten und Wege zwischen den Verkehrszellen des Planungsraums für alle Verkehrsmittel.

Die Aufteilung der Verkehrsverflechtungen zwischen den Verkehrszellen je Reisezweck auf die jeweiligen Verkehrsmittel erfolgt in VSS mit der dritten Stufe (Modal Split). In den Dateien *FIJRAD.tp* stehen die absoluten Fahrten und Wege für den Radverkehr, in den Dateien *FIJIV.tp* für den motorisierten Individualverkehr und in den Dateien *FIJOV.tp* für den öffentlichen Personennahverkehr. Die Dateien *FIJMOT.tp* beinhalten die Fahrten der motorisierten Verkehrsmittel, welche aus dem MIV und dem ÖPNV zusammengefasst wurden.

Die für die Verkehrsplanung interessantesten Ergebnisse von Verkehrsmodellen sind in der Regel die Strecken- und Knotenbelastungen im MIV und die Strecken-, Linien- und Haltestellenbelastungen im ÖPNV.

Das Verkehrsmodell VSS erzeugt für den MIV zwei ASCII-Dateien, in der diese Belastungen gespeichert sind. In der Datei *STRKBEL* werden die Streckenbelastungen der Straßen richtungsspezifisch, das heißt ausgehend vom VON-Knoten zum NACH-Knoten, als Anzahl der Fahrzeuge pro Zeiteinheit (z.B. Kfz/h) ausgegeben. In der Datei *KNOTBEL* sind die Knoteninnenströme für den MIV, das heißt die Anzahl der Fahrzeuge je erlaubte Abbiegerichtung, angegeben.

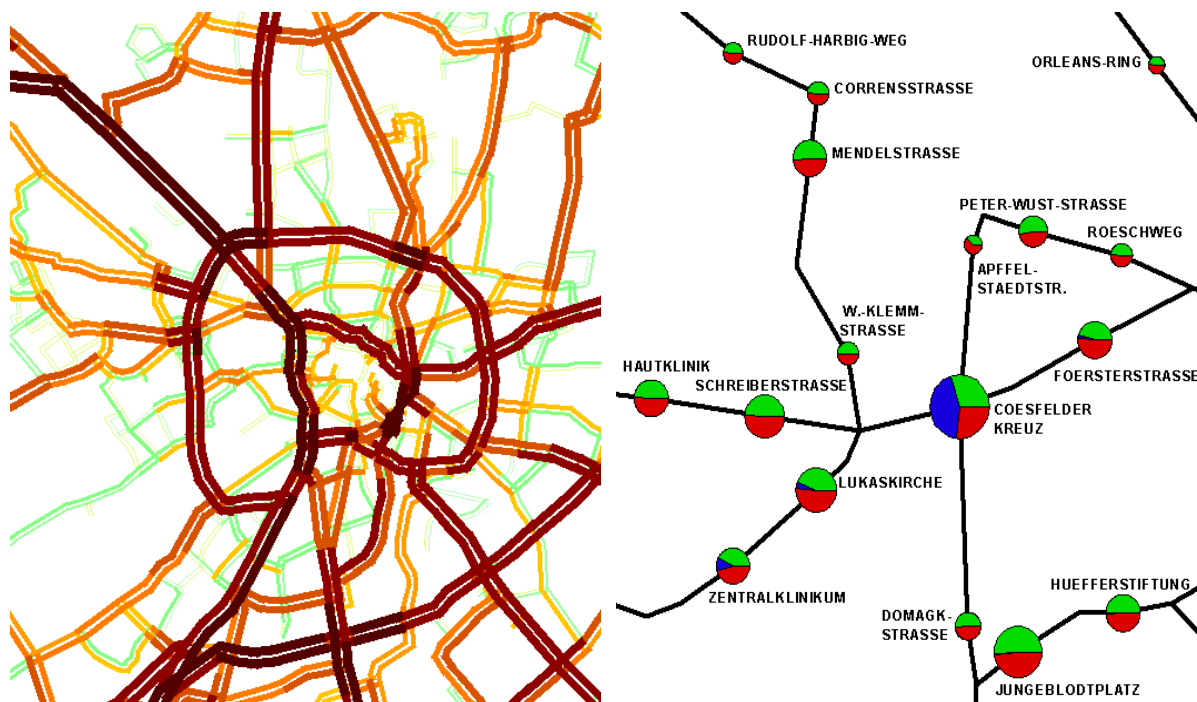


Abbildung 14: Darstellung von Streckenbelastungen des MIV (links) und von Haltestellenbelastungen des ÖPNV (rechts).

Bei den Strecken- und Linienabschnittsbelastungen im ÖPNV wird das Fahrgastaufkommen von VSS als Fahrgäste pro Zeiteinheit (z.B. Passagiere/h) ermittelt. Die streckenbezogenen Belastungen beinhaltet die Datei *STRKLIN* und die linienbezogenen Belastungen, jeweils als eigene Route, die Datei *STRULIN*. Die Datei *HSTBLIN* speichert die absoluten Ein-, Um- und Aussteiger an den Haltestellen.

Abbildung 14 zeigt zwei Screenshots dieser Ergebnisse. Im linken Teil der Abbildung sind die mit VSS berechneten Streckenbelastungen des MIV für den Bereich der Münsteraner Innenstadt dargestellt. Der rechte Teil der Abbildung veranschaulicht die Haltestellenbelastungen des ÖPNV im weiteren Umfeld der Haltestelle Coesfelder Kreuz.

Die beiden ebenfalls ausgegebenen Dateien *VNETZ* und *O-BELA* (vgl. Abbildung 13) sind keine Ergebnis-Dateien der Verkehrssimulation im engeren Sinn, sondern enthalten topologische Informationen, welche von den VuGIS-Schnittstellen für die Verknüpfung von Geoinformationsmodell, Verkehrs- und Umweltmodell verwendet werden.

3.7 Das Umweltmodell

Die Aufgabe von Umweltmodellen in der Verkehrsplanung ist die Ermittlung der voraussichtlichen ökologischen Auswirkungen verschiedener möglicher Maßnahmen. Hierzu zählen insbesondere die verkehrsbezogenen Schadstoffemissionen, die Schadstoffimmissionen, die Lärmbelastung und die Bodenversiegelung.

Es gibt entsprechend den verschiedenen Anforderungen und Aufgaben unterschiedliche Typen von Umweltmodellen, die mit Verkehrsmodellen kombiniert werden. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist die Art der Einbeziehung räumlicher Aspekte:

- Unräumliche Umweltmodelle im Verkehrsbereich berechnen solche Indikatoren, für welche die räumliche Verteilung im Untersuchungsraum ohne Bedeutung ist. Hierbei handelt es sich überwiegend um Emissionsmodelle, v.a. zur Bestimmung von Treibhausgasen zumeist in Form von CO₂ oder um Modelle zur Ermittlung des Energieverbrauchs.
- Räumliche Umweltmodelle berücksichtigen die räumliche Lage der Entstehung und Ausbreitung von verkehrsbezogenen Umweltbeeinträchtigungen. Sie zielen so insbesondere auf die Ermittlung von Umweltauswirkungen im Untersuchungsraum ab. Daher beinhalten sie nicht nur die Entstehung von verkehrsbezogenen Umweltbelastungen, sondern berechnen ihre räumliche Verteilung. Räumliche Umweltmodelle stellen kleinräumig differenzierte Indikatoren zur Schadstoffbelastung der Luft, zum Lärmpegel oder auch zu landschafts-ökologischen Beeinträchtigungen bereit, die wiederum mit anderen Indikatoren und Informationen kombiniert werden können.

In den VuGIS-Prototypen wurde ein Umweltmodell des räumlichen Typs, das so genannte Rastermodell, eingebunden. Dieses Modell wurde in mehreren Forschungsprojekten (SPARTACUS und PROPOLIS) des 4. und 5. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Union entwickelt und angewandt (LT et al., 1998; MECSA et al., 2002). Das Rastermodell ist ein rasterbasiertes Umweltmodell, welches integrierte Raumentwicklungs- und Verkehrsmodelle um eine ökologische Komponente erweitert (vgl. Kap. 2.5). In den zuvor genannten Projekten wird es in einem integrierten Modellsystem benutzt, um für verschiedene europäische Stadtregionen ökologische und soziale Wirkungsindikatoren zur Bewertung verschiedener Politik-

szenarien auf ihre Nachhaltigkeit bereit zu stellen (Spiekermann, 1999; 2003a; 2003b). Zu den Indikatoren gehören Indikatoren aus den Bereichen Emissionen, Energieverbrauch, Freiraumqualität, Schadstoff- und Lärmbelastung der Bevölkerung oder auch Freiraumerreichbarkeiten.

Das Rastermodul stellt weitaus mehr Funktionalitäten und Indikatoren bereit, als sie in einem Analyse- und Informationssystem für Verkehrsplaner benötigt werden. Gleichzeitig sind auch die implementierten Schnittstellen und Datenanforderungen komplexer und umfangreicher als hier erforderlich. Daher wurde eine speziell auf die Anforderungen des VuGIS-Systems abgestimmte vereinfachte Version des Rastermoduls entwickelt, die im nachfolgenden Abschnitt beschrieben wird.

3.7.1 Aufbau des rasterbasierten Umweltmodells

Das rasterbasierte Umweltmodell ist in vier Komponenten strukturiert: Input, räumliche Disaggregation, Umweltauswirkungen und Output, welche nacheinander ausgeführt werden (vgl. Abbildung 15). Im Folgenden werden die jeweiligen Komponenten des rasterbasierten Umweltmodells näher erläutert:

Input

Das Umweltmodell benötigt drei verschiedene Typen von Inputinformationen. Dies ist zunächst die räumliche Datenbasis, in welcher die Verkehrszellen, die Flächennutzung und die Verkehrsnetze im Vektorformat abgelegt sind. Für die Verkehrszellen werden sozio-ökonomische Daten (Bevölkerung und Arbeitsplätze) erwartet (vgl. Kap. 2.4). Schließlich werden strecken bezogene Ergebnisse des Verkehrsmodells benötigt. Diese stellen im VuGIS-System die einzige, sich mit unterschiedlichen Szenarien verändernde Inputinformation für das Rastermodul dar.

Räumliche Disaggregation

Die Verknüpfung zwischen den im Vektorformat vorliegenden Inputinformationen und den rasterbasierten Berechnungen der Umweltauswirkungen wird durch die räumliche Disaggregation der für die Verkehrszellen vorliegenden sozio-ökonomischen Daten und der für die Streckenabschnitte vorliegenden Verkehrsprognosen hergestellt.

Grundannahme der räumlichen Disaggregation der Bevölkerung und der Arbeitsplätze ist, dass diese nicht gleichmäßig über eine Verkehrszelle verteilt sind, sondern dass es eine räumliche Differenzierung der Dichte gibt. Hierzu bedient sich das Disaggregierungsmodul der Flächennutzungsdaten, die ebenfalls aufgerastert werden. Für jede Flächennutzungskategorie und damit für jede Rasterzelle innerhalb einer Verkehrszelle wird, basierend auf Dichtedaten (Bosserhoff, 2000), die Wahrscheinlichkeit bestimmt, dass dort jemand wohnt oder arbeitet. Für jede Verkehrszelle ergibt sich eine Wahrscheinlichkeitsoberfläche, die benutzt wird, um mit einem Zufallszahlengenerator für jeden Einwohner eine Rasterzelle als Wohnort und für jeden Beschäftigten eine Rasterzelle als Arbeitsort zu ermitteln (Spiekermann und Wegener, 2000). Das Ergebnis sind aus den Verkehrszellendaten künstlich erzeugte räumliche Mikrodaten, welche empirisch beobachteten Dichten folgen. Im VuGIS-System haben diese Mikrodaten zwei Funktionen. Einerseits werden sie in den anschließenden Ausbreitungsrechnungen

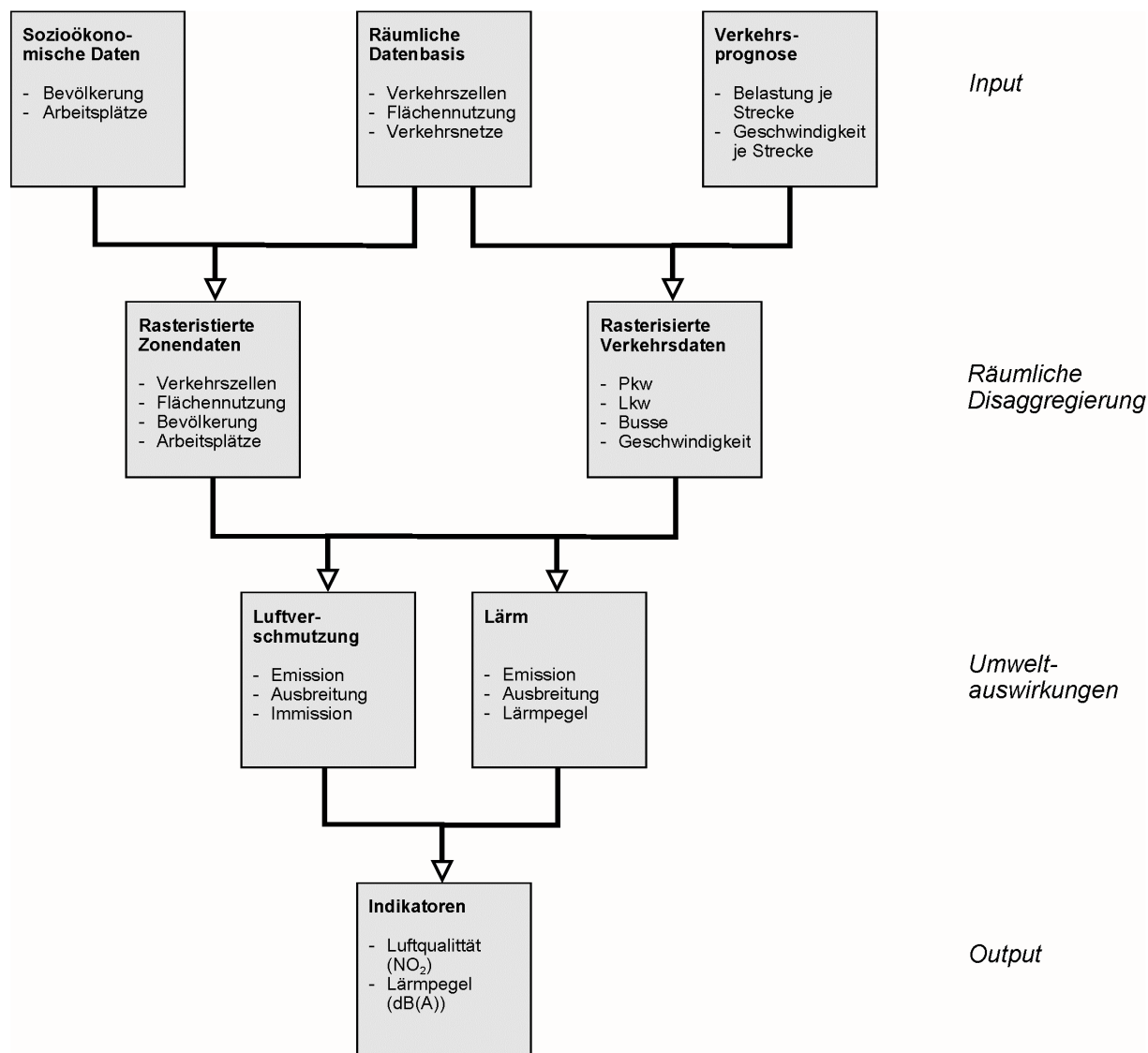


Abbildung 15. Das rasterbasierte Umweltmodell des VUGIS-Systems.

als Proxy für Barrieren durch Gebäude benutzt, andererseits werden sie zur kleinräumig differenzierten Berechnung der durch Schadstoffe und Lärm belasteten Bevölkerung genutzt.

Auf Rasterzellen übertragen werden auch die streckenbezogenen Ergebnisse des Verkehrsmodells. Diese werden mit der im GIS vorgehaltenen Netzdatenbasis verknüpft und aufgerastert. Jede Rasterzelle, die von einer Strecke durchquert wird, enthält dann die Informationen der Strecke hinsichtlich der Verkehrsbelastung und der durchschnittlichen Geschwindigkeit. Die Mittelpunkte der Rasterzellen werden in den anschließenden Umweltmodellen als Emissionspunkte benutzt.

Umweltauswirkungen

Das in den VuGIS-Prototypen implementierte, vereinfachte Rastermodul berechnet zwei Umweltauswirkungen des Verkehrs, nämlich Luftverschmutzung in Form von NO₂-Belastung und Lärm. Für beide Auswirkungen werden zunächst die Emissionen berechnet, dann die Ausbreitung und schließlich die Luftqualität bzw. der Lärmpegel für jede Rasterzelle des Untersuchungsgebietes.

Für die Ermittlung der Verkehrsemissionen wird ein detailliertes Emissionsmodell eingesetzt, welches die in den Projekten MEET (Hickman et al., 1999) und COST 319 (Joumard, 1999) entwickelten Emissionsfunktionen und länderspezifischen Fahrzeugflottenzusammensetzungen nutzt. Zunächst werden die vom Verkehrsmodell gelieferten Fahrzeugtypen Pkw, Lkw und Bus entsprechend der deutschen Fahrzeugflotte in ca. 50 Pkw-Typen, 20 Lkw-Typen und 10 Bustypen disaggregiert. Die Fahrzeugtypen unterscheiden sich hinsichtlich der Motorstärke und der Schadstoffklasse. In jeder Rasterzelle werden dann für jeden Fahrzeugtyp Emissionsfunktionen angewandt, welche die Schadstoffemissionen in Abhängigkeit von der jeweiligen Geschwindigkeit in der Rasterzelle ausgeben. Durch Abarbeiten aller Fahrzeugtypen ergibt sich die Gesamtemission einer Rasterzelle, durch Abarbeiten aller Rasterzellen ein verkehrsbezogenes Emissionskataster für das jeweilige Szenario.

Die Ausbreitungsrechnung der Schadstoffe erfolgt gemäß den Richtlinien der TA Luft (1986) mit einem Gaußmodell. Hierbei werden die Mittelpunkte der Rasterzellen als Emissionsorte behandelt. Das Ausbreitungsmodell arbeitet sequentiell alle Emissionsorte ab. Die Schadstoffbelastung wird jeweils in den empfangenden Rasterzellen als Immission aufaddiert.

Die Berechnung der Lärmbelastung erfolgt analog unter Zuhilfenahme der Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90 (Bundesminister für Verkehr, 1990).

Output

Das Ergebnis des rasterbasierten Umweltmodells sind zwei Datensätze, welche jeweils für jede Rasterzelle einen Wert für die Luftqualität in Form von NO₂-Konzentration bzw. für den Lärmpegel in dB(A) enthalten.

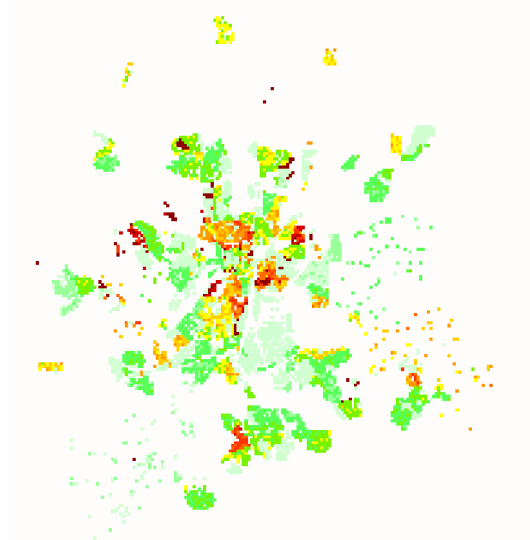
3.7.2 Anwendung des Umweltmodells

Dieser Abschnitt stellt am Beispiel von Daten der Stadtregion Münster einige Schritte des Rastermodells in visueller Form dar (vgl. Abbildung 16). Der obere Teil von Abbildung 16 zeigt das Ergebnis der räumlichen Disaggregation in Form von Dichtekarten für die Bevölkerung (links) und die Arbeitsplätze (rechts). Der untere Teil der Abbildung zeigt die räumliche Verteilung der Schadstoffbelastung (links) und der Lärmbelastung (rechts).

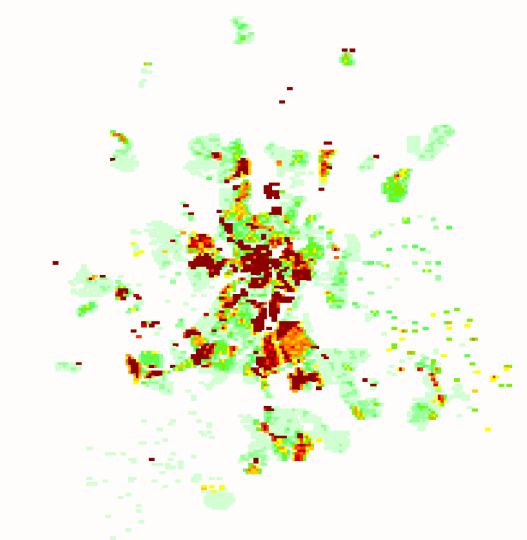
Über entsprechend definierte Schnittstellen (s. Kap. 3.8) ist das Umweltmodell in das VuGIS-Gesamtsystem integriert. Die Ergebnisse der Umweltmodellsimulation werden dabei als ArcGIS Grids an die VuGIS-Datenbank übergeben, damit weitergehende Analysen und Verschnidungen vorgenommen werden können.

Neben den beiden Umweltdatensätzen (Schadstoffbelastung, Lärmbelastung) werden auch die berechnete disaggregierte Bevölkerung und die disaggregierten Arbeitsplätze als ArcGIS Grids den weiteren VuGIS-Modellkomponenten zur Verfügung gestellt. Die Überlagerung der Bevölkerung mit der Luftqualität bzw. dem Lärmpegel lässt so beispielsweise die Berechnungen zur Belastung der Einwohner an ihrem Wohnort zu.

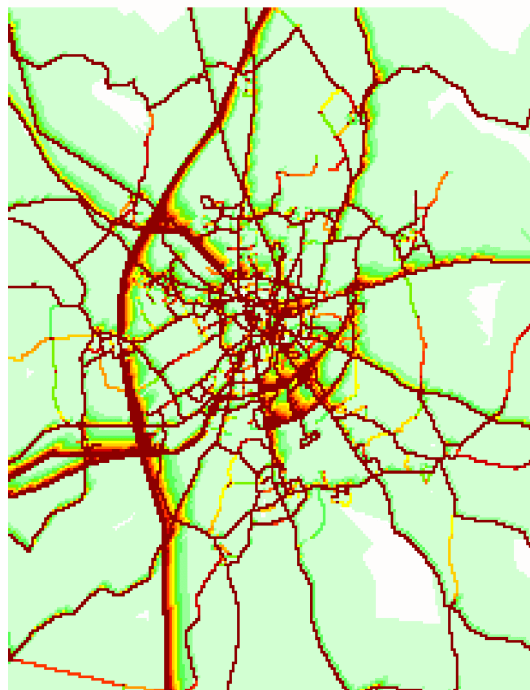
Bevölkerung



Arbeitsplätze



Luftqualität



Lärmpegel

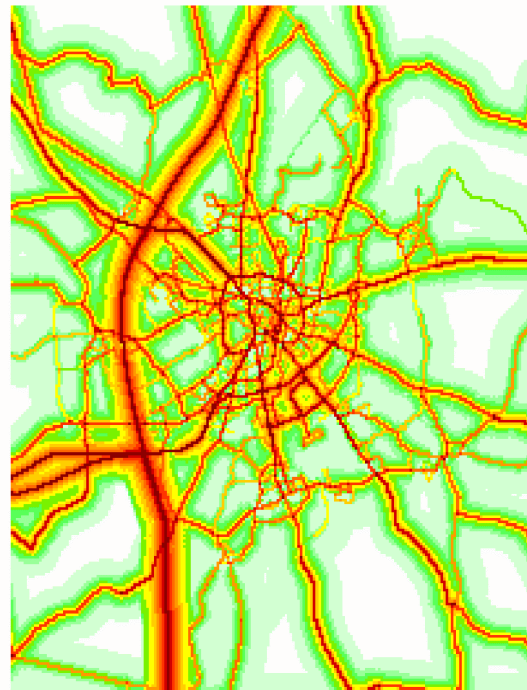


Abbildung 16: Ausgewählte Screenshots des Umweltmodells (Aufrasterung der Bevölkerung (oben links) und der Arbeitsplätze (oben rechts); Darstellung der Schadstoffbelastung (unten links) und der Lärmbelastung (unten rechts)).

3.8 Die Schnittstellen zwischen ArcGIS, VSS und dem Umweltmodell

Ein wesentliches Ziel bei der Entwicklung des prototypischen Analyse- und Informationssystem ist die vollständige Integration von Geoinformationssystem, Verkehrs- und Umweltmodell in einem einzigen System. Da sowohl das Verkehrsmodell VSS (vgl. Kap. 3.6) als auch das Rastermodul (vgl. Kap. 3.7) DOS-basierte Programme sind, die keinen direkten Zugriff

(z.B. über SQL) auf kommerzielle Datenbanken erlauben und die Forderungen des Open GIS Konsortiums zur Vereinheitlichung der Verwaltung von Geodaten (OGC, 1999) nicht erfüllen, wurde für die Integration in das VuGIS-System der Datenaustausch untereinander und die Konvertierung in die entsprechenden Datenformate mit Hilfe von Schnittstellen organisiert.

3.8.1 Entwicklung eigener Schnittstellen

Weil keine kommerziellen Schnittstellen zwischen ArcGIS und VSS, VSS und dem Umweltmodell sowie zwischen ArcGIS und dem Umweltmodell verfügbar sind, mussten im Rahmen des VuGIS-Projekts eigene Schnittstellen programmiert werden.

Aufgrund der zentralen Rolle, die ArcGIS bei der Verwaltung und Bearbeitung räumlicher Daten im VuGIS-Prototypen einnimmt (vgl. Kap. 3.5), wurden ArcGIS-Coverages, -Grids und -Info-Tabellen als zentrale Austauschformate verwendet. Alle Schnittstellen wurden mittels selbst entwickelter Skripte in der Makrosprache von ArcGIS Workstation, der sog. Arc Macro Language (AML), entwickelt (vgl. Tabelle 5). Für dieses Vorgehen sprach auch, vorhandene Erfahrungen mit Schnittstellen zwischen ArcGIS und Verkehrsmodellen bzw. ArcGIS und Umweltmodulen aus früheren Forschungsprojekten (z.B. TRILAT Projekt, SPAR-TACUS Projekt) zu nutzen (vgl. Fürst et al., 2001; LT et al., 1998; Schauerte-Lüke et al., 1998).

Im Einzelnen sind zwischen den drei Teilkomponenten des VuGIS-Systems (ArcGIS, VSS, Rastermodul) folgende Schnittstellenbeziehungen implementiert worden (vgl. Abbildung 17):

- (1) *Von VSS nach ArcGIS*
Von VSS werden die für die Simulation zu Grunde gelegten Verkehrszellen und Verkehrsnetze des Individual- und des öffentlichen Verkehrs sowohl hinsichtlich ihrer Topologie als auch ihrer Attribute übertragen. Nach Beendigung der Verkehrssimulation werden die Ergebnisse nach ArcGIS exportiert.
- (2) *Von ArcGIS nach VSS*
Werden alternative Szenarien definiert, so müssen die geänderten Verkehrsnetze (Topologie wie Attributdaten) und/oder Verkehrszellen (insb. deren assoziierte Daten) nach VSS transformiert werden.
- (3) *Von ArcGIS zum Rastermodul*
Als Eingangsdaten benötigt das Rastermodul Informationen über die Flächennutzung, Bevölkerungs- sowie Arbeitsplatzverteilung in den Verkehrszellen und über die Streckenbelastungen auf dem Straßennetz (vgl. Kap. 3.6). Da diese Daten durch ArcGIS bereitgestellt werden, müssen diese Informationen von ArcGIS in das Rastermodul übertragen werden.
- (4) *Vom Rastermodul nach ArcGIS*
Die Ergebnisse der Umweltmodellierung werden in Form von Rasterdaten als Grids nach ArcGIS zurückgegeben, um sie dort mit weiteren Informationen und Daten zu verknüpfen und zu analysieren.

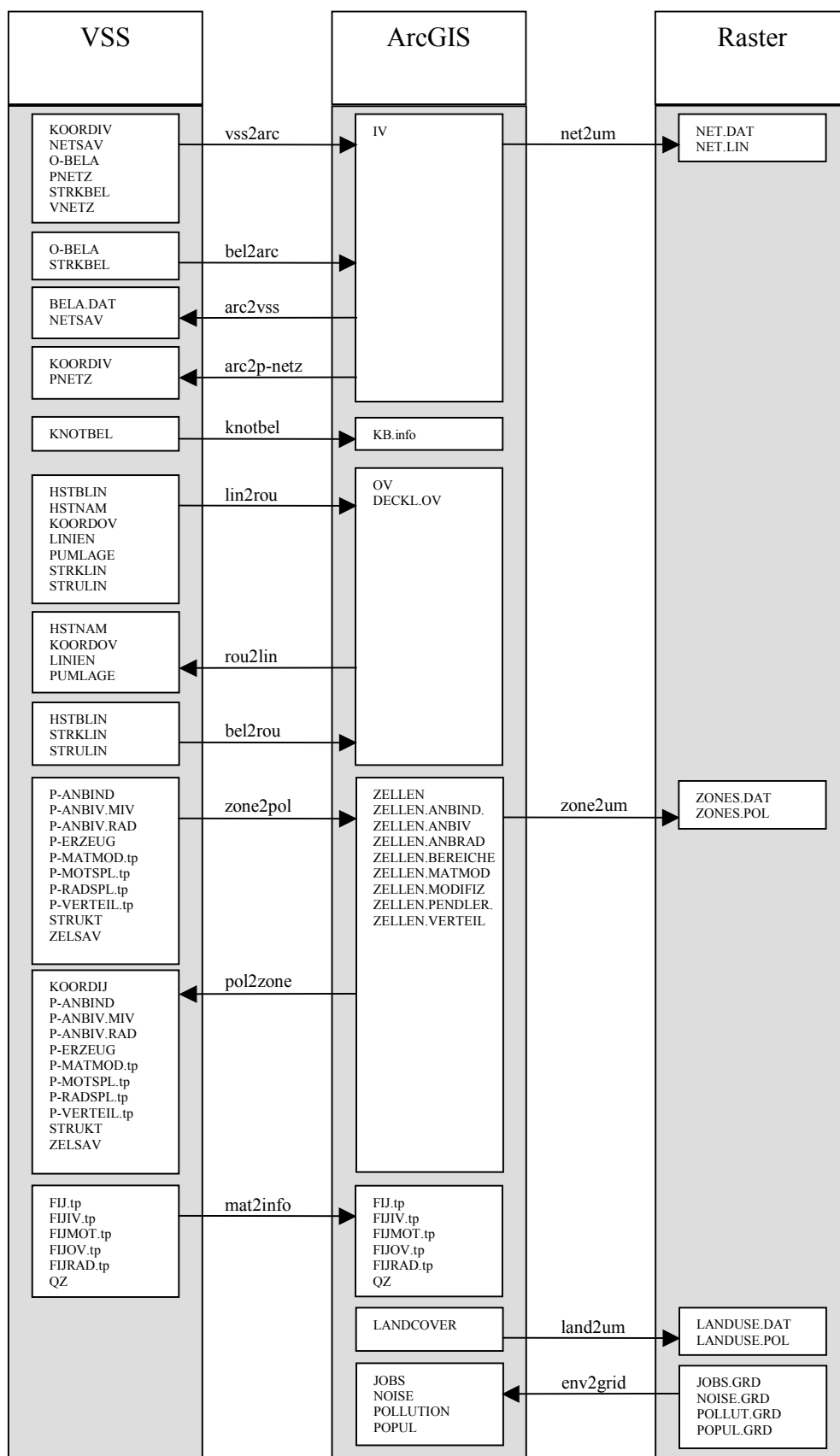


Abbildung 17: Übersicht des Datenflusses der VuGIS-Schnittstellen.

Im Folgenden werden die einzelnen vom VuGIS-Projekt hierfür programmierten AML-Skripte näher erläutert.

3.7.2 Auflistung der Skripte

Die drei in den VuGIS-Prototypen zu integrierenden Komponenten ArcGIS, VSS und das Rastermodul basieren auf unterschiedlichen Programmiersprachen sowie Entwicklungsumgebungen und stellen daher unterschiedliche, z.T. sehr differenzierte Voraussetzungen und Anforderungen an die Formate ihrer Eingangsdaten und -objekte (Schwarze und Schürmann, 2001).

Tabelle 5: AML-Skripte der VuGIS-Schnittstelle.

Name	Funktion
vss2arc.aml	Transformation des Straßennetzes von VSS in ein Coverage namens IV nach ArcGIS (1)
bel2arc.aml	Aktualisierung des IV-Coverages mit den in VSS berechneten Streckenbelastungen (1)
arc2vss.aml	Transformation der Topologie des Straßennetzes aus dem IV-Coverage von ArcGIS nach VSS (2)
arc2p-netz.aml	Transformation der Koordinaten des Straßennetzes aus dem IV-Coverage von ArcGIS nach VSS (2)
knotbel.aml	Übertragung der in VSS berechneten Knotenstrombelastungen als Info-Tabelle nach ArcGIS (1)
lin2rou.aml	Transformation des Strecken- und Liniennetzes des ÖPNV von VSS in ein Coverage names OV nach ArcGIS (1)
rou2lin.aml	Transformation des OV-Coverages von ArcGIS nach VSS (2)
bel2rou.aml	Aktualisierung des OV-Coverages mit dem in VSS berechneten Fahrgastaufkommens (1)
zone2pol.aml	Transformation der Verkehrszellen, ihrer Strukturdaten und der Anbindungsvorschriften von VSS in ein Coverage namens ZELLEN nach ArcGIS (1)
pol2zone.aml	Transformation der Verkehrszellen, ihrer Strukturdaten und Anbindungsvorschriften aus dem ZELLEN-Coverages von ArcGIS nach VSS (1)
mat2info.aml	Transformation der in VSS berechneten Verkehrsmatrizen als Info-Tabellen nach ArcGIS (1)
net2um.aml	Transformation des Straßennetzes und der Streckenbelastungen aus dem IV-Coverage von ArcGIS zum Rastermodul (3)
zone2um.aml	Transformation der Verkehrszellen und ihrer Strukturdaten aus dem ZELLEN-Coverage von ArcGIS zum Rastermodul (3)
land2um.aml	Transformation der Flächennutzung aus dem Coverage LANDCOVER von ArcGIS zum Rastermodul (3)
env2grid.aml	Transformation der Ergebnisse der Umweltmodellierung vom Rastermodul als Grids nach ArcGIS (4)

Für die VuGIS-Schnittstelle sind insgesamt fünfzehn verschiedene AML-Skripte entwickelt worden, welche die korrekte Datenübertragung zwischen den einzelnen Teilkomponenten gewährleisten. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Namen der jeweiligen AML-Skripte und deren Funktion beim Datenaustausch (ausführlich in: Schürmann und Schwarze, 2002). Die in Klammern gefasste Nummerierung im Anschluss an die Erklärung der Funktion des AML-Skripts bezieht sich auf die oben beschriebenen Schnittstellenbeziehungen (vgl. Kap. 3.7.1).

Der Aufruf des AML-Skripts erfolgt im VuGIS-Prototypen mittels der Programmsteuerung über die Java-API von ArcGIS (vgl. Kap. 3.2 und Kap. 3.5). Somit geschieht die Verwendung der Schnittstellen-Skripte für den Benutzer des VuGIS-Prototypen unsichtbar. Nichtsdestotrotz wurden die AML-Skripte so universell programmiert, dass sie auch außerhalb des VuGIS-Systems eingesetzt werden können. In diesem Fall werden für die Interaktion entsprechende Benutzeroberflächen aktiviert (ebd.).

3.9 Das Datenbank-Schema

Dem Datenbank-Schema kommt eine zentrale Bedeutung für die Entwicklung von Informationssystemen zu (Albrecht et al., 1997). Im VuGIS-System bildet die Datenbank als zentrale Datenhaltungskomponente die Basis für die Bearbeitungs- und Analyse-Module (vgl. Abbildung 4 in Kap. 3.2). In ihr sind sowohl die Eingangsdaten für die Analysen und deren Ergebnisse als auch die für die Visualisierung benötigten Daten persistent abgelegt. In diesem Abschnitt wird der Aufbau der VuGIS-Datenbank erläutert (vgl. Abbildung 18).

Als zentrale Tabellen des Datenbank-Schemas dienen die Tabellen PROJEKTE, SZENARIEN und MASSNAHMEN. Sie enthalten die grundlegenden Informationen zu den Planfällen, den zugehörigen Szenarien und den für diese definierten Maßnahmen. Zudem werden die Eingangsdaten für die Analysen sowie deren Ergebnisse in diesen Tabellen abgelegt. Die Zugehörigkeit eines Szenarios zu einem Planfall wird über einen Foreign Key Constraint (Fremdschlüssel) realisiert.

Im VuGIS-Prototypen werden die Analyseergebnisse von den zunächst erzeugten ESRI-Formaten (Coverages, Tabellen und Grids) in Export-Dateien im ASCII-Format konvertiert und anschließend im Export-Format in den Tabellen PROJEKTE und SZENARIEN (in Spalten vom Datentyp Character Large Object (CLOB)) abgelegt. Eine sofortige Verwendung der Daten kann somit nur innerhalb des implementierten VuGIS-Systems stattfinden.

Im Gegensatz dazu sollte in einem zunächst verfolgten Ansatz jedes Analyse-Ergebnis in einer jeweils eigenen Tabelle abgelegt werden. Die Geometriedaten könnten somit gemäß den Forderungen des OpenGIS Consortiums (OGC, 1999) in Oracle Spatial abgelegt werden. Der Zugriff für die Verwendung sollte innerhalb des VuGIS-Systems über die Spatial Data Engine (ArcSDE) der Firma ESRI als Middleware erfolgen. Darüber hinaus hätte diese Vorgehensweise außerdem die Bereitstellung von Daten außerhalb des VuGIS-Systems, etwa durch den Zugriff mit Hilfe eines Web-Browsers über einen WebFeature- oder einen WebMapping-Server, ermöglicht. Aufgrund von technischen Problemen beim Datatype Mapping konnte dieser flexiblere Ansatz bei der Implementierung des VuGIS-Prototypen jedoch nicht realisiert werden.

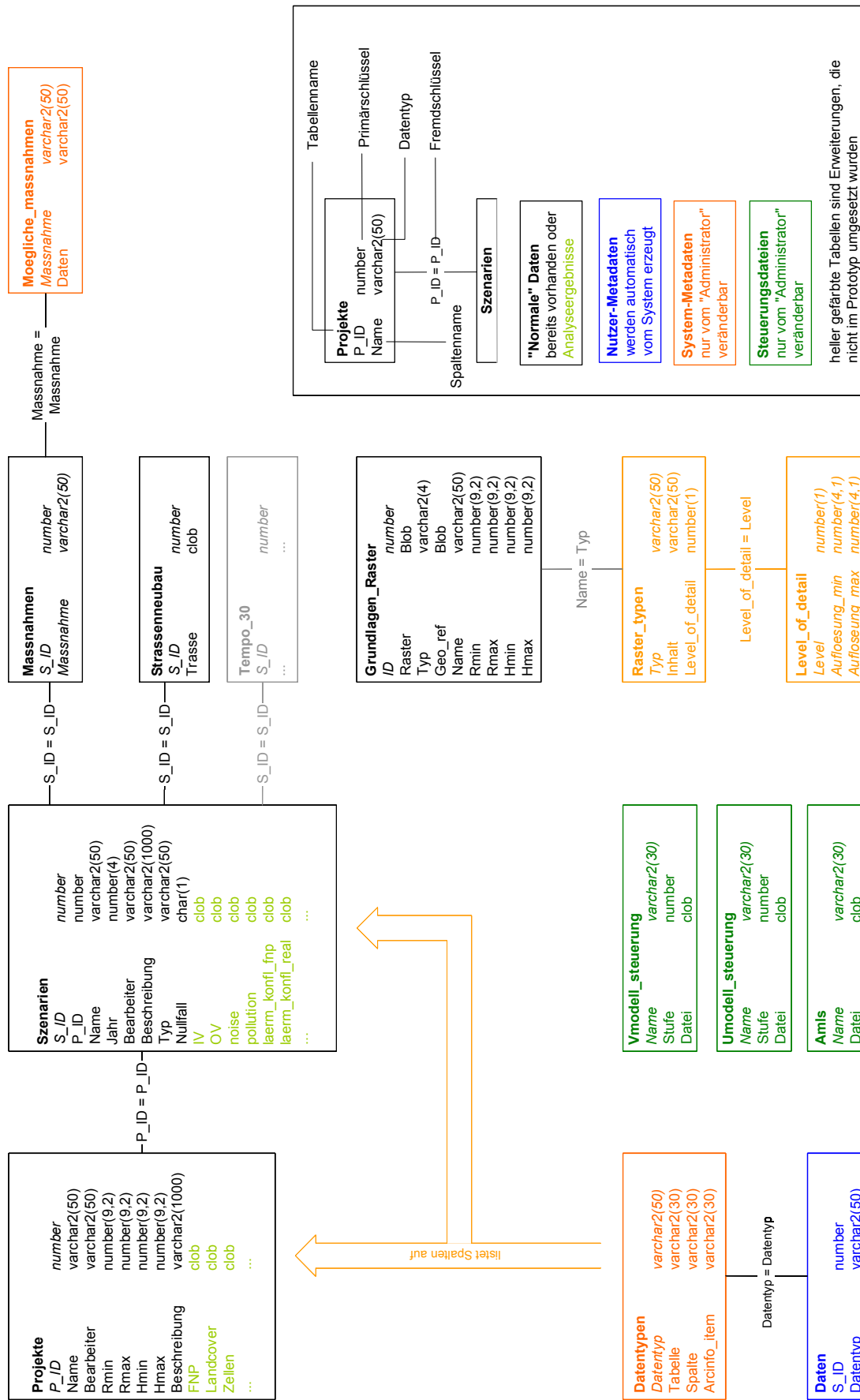


Abbildung 18: Darstellung des Datenbank-Schemas für den YuGIS-Prototypen.

Neben den eigentlichen Daten enthält das Datenbank-Schema auch eine Reihe von Metadaten, also Daten über Daten. Sie unterscheiden sich in System-Metadaten (in Abbildung 18 orange dargestellt) und Anwender-Metadaten (blau).

Die System-Metadaten enthalten grundlegende Informationen über die Funktionsweise des VuGIS-Systems und sollten nur von einem System-Administrator verändert werden. Zu den System-Metadaten zählen u.a. die im VuGIS-Prototypen zulässigen Datentypen und Maßnahmen, Steuerungsdateien für die verwendeten Modelle, sowie die VuGIS-Ontologie und VuGIS-Wissensbasis.

In den Anwender-Metadaten wird festgehalten, welche Analysen für das Szenario bereits durchgeführt wurden. Diese Tabellen werden vom System verwaltet. Einträge werden vom VuGIS-System vorgenommen, aktualisiert oder gelöscht, wenn vom Nutzer Maßnahmen definiert bzw. Analysen durchgeführt oder Szenarien oder Planfälle gelöscht werden.

3.10 Datenintegration durch Mediation

Für die Funktionsfähigkeit eines Analyse- und Informationssystems, in das unterschiedliche Anwendungen integriert sind, ist die Nutzbarmachung der benötigten Daten eine wesentliche Voraussetzung (vgl. Kap. 2.3). Damit die zumeist heterogen vorliegenden Daten vom VuGIS-System genutzt werden können, wurden sie in die Datenbank von ArcGIS manuell eingespeist bzw. wurden vom VuGIS-Projekt spezielle Schnittstellen entwickelt, die eine Konvertierung automatisiert bewerkstelligten (vgl. Kap. 3.8).

Durch dieses Vorgehen werden allerdings nicht alle damit verbundenen Probleme gelöst. Ein fehlendes Attribut im Originaldatensatz kann durch einen Konverter in der Regel nicht hinzugefügt werden, da der Datenbestand bei einer Konvertierung lediglich kopiert wird. Weil Geodaten regelmäßig fortgeführt werden, muss die Kopie zudem nach jeder Fortführung aktualisiert werden.

Semantische Übersetzung (Mediation) geht einen anderen Weg zur Nutzbarmachung der benötigten Daten, weil hier die Datenbanken der Anwendungen direkt angesprochen werden. Einem Mediator stehen aus diesem Grund immer aktuelle Daten zur Verfügung. Ein Ziel des VuGIS-Projekts war, zu veranschaulichen, wie unterschiedliche heterogene Datenquellen durch Mediation für ein integratives Analyse- und Informationssystem nutzbar gemacht werden können. Dieser Abschnitt beschreibt die Möglichkeiten zur Mediation, in dem anhand eines praktischen Fallbeispiels demonstriert wird, wie mit Hilfe eines Mediators auf unterschiedliche Datenbestände zugegriffen werden kann.

Beispiel

Für die Berechnung der Versiegelungsfläche durch Straßen benötigt das VuGIS-System Informationen über die Straßenbreiten. Als Ausgangslage stehen hierfür zwei verschiedene Datensätze zur Verfügung. Zum einen handelt es sich um ATKIS-Daten, zum anderen um Daten des Verkehrsmodells VSS. In beiden Datenbeständen sind zwar Straßendaten enthalten, diese sind aber völlig unterschiedlich modelliert. So enthalten VSS-Daten (im Gegensatz zu ATKIS-Daten) beispielsweise keine Informationen über die Straßenbreite.

Bei Datenquellen, die dem Nutzer bzw. dem System unbekannt sind, stellt sich allerdings zuvor schon die Frage, ob diese überhaupt Straßendaten enthalten. Eine Lösung zur Beant-

wortung dieser Frage bilden maschinenlesbare Ontologien, mit denen ein konzeptionelles Modell formal abgebildet wird. Eine Ontologie enthält Kategorien und beschreibt mit Hilfe von Axiomen deren Eigenschaften sowie die Beziehungen der Kategorien untereinander. So kann eine Ontologie beispielsweise die Aussage enthalten, dass eine Straße eine Kategorie ist und dass diese Straße eine Breite (gemessen in dm) hat. Da bei der Beschreibung der Kategorien *allgemeine* (d.h. für das gesamte VuGIS-System gültige) Aussagen getroffen werden, entsteht eine *Common Ontology*.

Als Beschreibungssprache eignet sich eine funktionale Programmiersprache wie Haskell (vgl. Peterson, J. und Chitil, O., 2003). Haskell bietet eine gut strukturierte und relativ einfach zu erfassende Syntax. Wesentlich ist die Eigenschaft, mit Haskell (Verhaltens-)Klassen beschreiben zu können, wobei diese Klassen die Kategorien bilden. Den Klassen werden Funktionen zugeordnet, die nur auf diejenigen Objekte angewendet werden dürfen, die dieser Klasse – oder Kategorie – zugeordnet sind. Genau diese Funktionen bilden die Schnittstelle zum Mediator. Im Fallbeispiel sieht das praktisch so aus, dass eine Kategorie `Road` eine Funktion `getWidth()` zur Erfragung der Straßenbreite hat. Diese Funktionen sind gewissermaßen die Implementierung der *Common Ontology* im Mediator und stellen seine statische Schnittstelle dar.

Nachdem die Kategorien beschrieben sind, werden die Datenquellen daraufhin untersucht, ob und inwieweit sie unter diese Kategorien eingeordnet werden können. Da Straßen im ATKIS-Datenmodell einen Attributwert für die Breite (in dm) haben, kann die Einordnung in einem Haskell-Modul durch einfache Instanziierung geschehen. Dieses Modul wird in den Mediator eingelesen. Der Mediator konfiguriert mit diesen Informationen einen Wrapper, welcher der Datenbank aufgesetzt ist und Abfragen formuliert sowie ein Ergebnis an den Mediator zurückliefert (vgl. Abbildung 19).

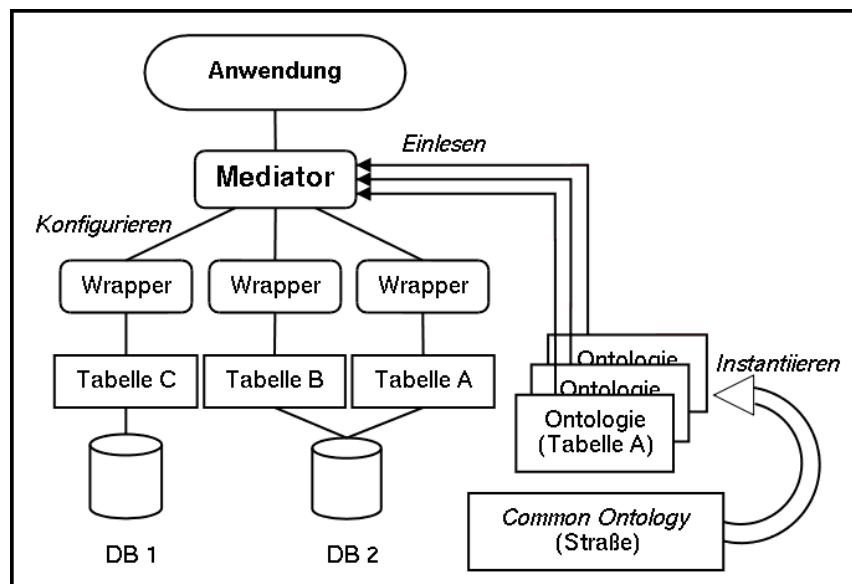


Abbildung 19: Mediator – Wrapper Architektur im VuGIS-Prototypen.

Da das VSS-Datenmodell keine Straßenbreite beinhaltet, muss hier anders vorgegangen werden. Es wird angenommen, dass durch die Anwendung einer einfachen Funktion auf die Straßenbreite geschlossen werden kann. Auf Grundlage der (stark vereinfachenden) Annahme, dass alle Fahrspuren eine Breite von 3,5 m haben, wird zur Ermittlung der Straßenbreite die

Anzahl der Fahrspuren für eine Straße aus dem entsprechenden Attributwert ermittelt und das Ergebnis mit 35 multipliziert. Bei einer Anzahl von zwei Spuren ergibt sich somit eine Breite von 70 dm. Diese Informationen werden in einem Haskell-Modul beschrieben und der Mediator setzt die Anfragen vom System nach dem Einlesen des Moduls entsprechend um. Vom Mediator wird kontrolliert, ob sich für eine System-Anfrage geeignete Datenquellen finden lassen. Somit kann er zur Laufzeit durch Einlesen von entsprechenden Haskell-Modulen neue Datenquellen einbinden. Nach der Selektion einer Straße ist es nun möglich, weitere Informationen aus unterschiedlichen Datenquellen zu erhalten.

Mit dem Fallbeispiel konnte anhand eines Demonstrators praktisch gezeigt werden, dass aus den Informationen zur Straßenbreite aus den ATKIS-Datenbeständen und der Anzahl an Fahrspuren aus den VSS-Daten ein Datenmodell bedient werden kann, in dem Straßen sowohl die Breite als auch die Anzahl an Fahrspuren als Eigenschaften aufweisen, obwohl diese Informationen nicht zusammen in einer Datenbank vorliegen.

Durch die Beschreibung der Ontologien mit Haskell besteht die Möglichkeit, die Spezifikationen in dem Haskell-Interpreter HUGS zu testen, bevor sie in den Mediator eingelesen werden. So sind sie in jedem Fall syntaktisch korrekt. Anhand des Ergebnisses einer Abfrage im Interpreter kann das Mapping überprüft werden. Implementiert ist der Mediator in Java. Da der Mediator eine lexikalische Analyse der Haskell-Spezifikationen vornimmt, muss er diese Programmiersprache interpretieren können. Zurzeit sind die wichtigsten Syntaxbestandteile bereits umgesetzt, doch gibt es gewisse Restriktionen für den Aufbau der Module, da die Sprache in großen Teilen von dem Mediator nach dem derzeitigen Stand noch nicht verstanden wird. Dennoch zeigt der im VuGIS-Projekt entwickelte Mediator, wie für definierte Aufgaben neue Datenquellen in ein laufendes System in Zukunft eingebunden werden können (ausführlich in: Gerding und Kuhn, 2002).

4 Anwendung des VuGIS-Prototypen

Nachdem das hinter dem VuGIS-Prototypen stehende Systemkonzept erörtert worden ist (vgl. Kap. 3), werden in diesem Kapitel die Anwendungsmöglichkeiten thematisiert. Ziel dieses Kapitels ist es, die praktische Funktionalität des entwickelten VuGIS-Prototypen anhand einiger wichtiger Anwendungsfälle aus der Verkehrsplanung zu verdeutlichen.

Einführend wird erklärt, wie im VuGIS-Prototypen Planfälle und Szenarien vom Benutzer angelegt (Kap. 4.1) und wie für diese Planfälle und Szenarien Maßnahmen festgelegt werden können (Kap. 4.2) bzw. wie der Anwender dabei vom VuGIS-System unterstützt wird. Um einen Überblick über die in den VuGIS-Prototypen implementierten Funktionalitäten zu geben, werden anschließend drei Anwendungsfälle exemplarisch erörtert. Dabei handelt es sich um die Berechnung von Lärmimmissionen, um die Ermittlung von Lärmschutzkonflikten und um das Aufzeigen von Bodenschutzkonflikten (Kap. 4.3).

4.1 Planfall und Szenario auswählen

Das vom VuGIS-Projekt konzipierte integrative Analyse- und Informationssystem für Verkehrsplaner dient dazu, dass bereits in einem frühen Stadium des Planungsprozesses Situationsbewertungen und Wirkungsanalysen von Szenarien durchgeführt werden können (vgl. Kap. 2.1).

Weil sich diese Analysen immer auf ein konkretes Szenario eines Planfalls beziehen (vgl. Kap. 2.3), muss der Anwender vor der Durchführung dieser Analysen beim VuGIS-Prototypen in einem ersten Schritt den bestehenden Planfall und das gewünschte Szenario auswählen oder, falls diese noch nicht existieren, neu anlegen. Sämtliche hierfür notwendigen Menüpunkte finden sich im Menü „Planfall“ (vgl. Kap. 3.3.1).

4.1.1 Auswahl eines bestehenden Planfalls bzw. Szenarios

Abbildung 20 zeigt die beiden Dialogfenster zur Selektion bereits bestehender Planfälle bzw. Szenarien, so wie sie nach dem Aufruf des Menüpunkts „Planfall auswählen“ bzw. „Szenario auswählen“ (vgl. Abbildung 5) erscheinen.

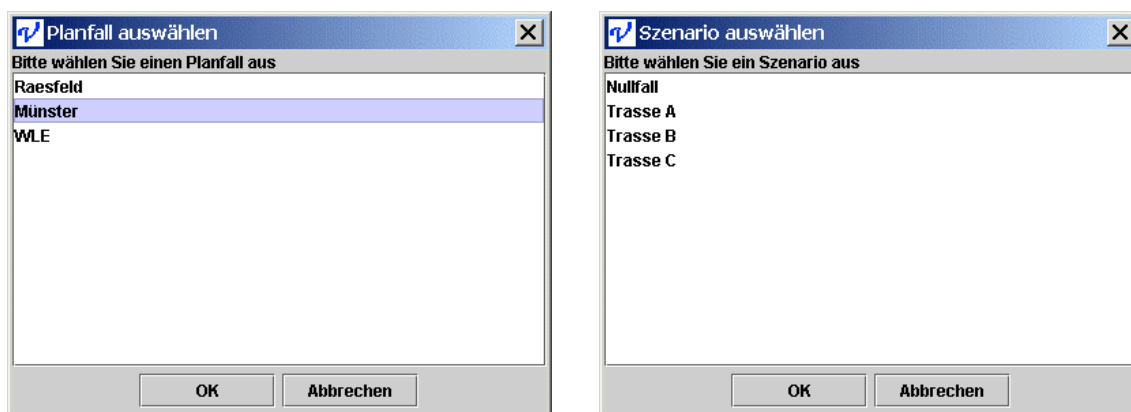


Abbildung 20: Dialogfenster für die Auswahl von Planfällen (links) und Szenarien (rechts).

Nach der Auswahl eines Planfalls und Szenarios stehen dem Benutzer die Funktionalitäten zur Analyse des Ist-Zustands und zur Wirkungsanalyse zur Verfügung (vgl. Kap. 3.3).

4.1.2 Anlegen eines neuen Planfalls

Möchte der Benutzer dagegen einen neuen Planfall anlegen, so sind von ihm zunächst einige allgemeine Angaben zum Planfall zu machen (vgl. Abbildung 21, links). So sind der Name bzw. die ID des Planungsvorhabens, der Name des Sachbearbeiters und das Referenzjahr, auf das sich der Status quo bezieht, zu spezifizieren. Zudem besteht die Möglichkeit, das neue Planungsvorhaben kurz verbal zu umschreiben. In einem zweiten Schritt ist der Untersuchungsraum zu bestimmen, wobei die Abgrenzung des Planungsgebiets über ein visuelle Eingabe festgelegt wird. Dem Anwender wird eine Übersichtskarte angezeigt (z.B. eine Übersichtskarte von NRW), anhand derer er den räumlichen Ausschnitt für das konkrete Planungsvorhaben einschränken kann (vgl. Abbildung 21, rechts).

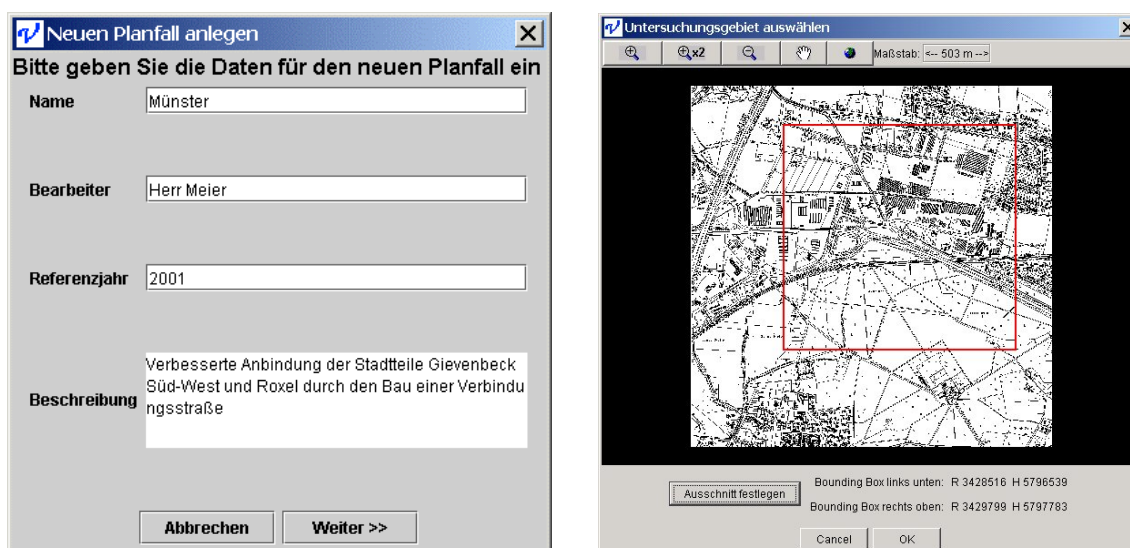


Abbildung 21: Eingabedialoge zum Anlegen eines neuen Planfalls.

Nach der Benutzereingabe werden die Angaben für jeden Planfall in der Tabelle PROJEKTE in der VuGIS-Datenbank abgelegt (vgl. Kap. 3.9). Zusätzlich wird zu jedem neu angelegten Projekt ein Nullszenario (mit standardisierten Werten für den Namen, die Beschreibung sowie dem Bearbeiter des Planfalls) erzeugt und in der Tabelle SZENARIEN abgelegt. Mit Hilfe dieses automatisch generierten Nullszenarios kann die Analyse des Ist-Zustands unmittelbar erfolgen.

4.1.3 Anlegen eines neuen Szenarios

Um Wirkungsanalysen von Planungen durchführen zu können, ist es erforderlich, dass nach dem Erzeugen eines neuen Planfalls mindestens ein zugehöriges Szenario definiert wird. Bei dem Anlegen eines neuen Szenarios müssen vom Benutzer Angaben zum Namen bzw. zur ID des Szenarios, zum Namen des Bearbeiters (dieser kann u.U. von dem Bearbeiter des Planfalls abweichen) und vom Referenzjahr, auf das sich das Szenario bezieht, gemacht werden.

Auch hier besteht die Möglichkeit, das neue Szenario kurz verbal zu beschreiben (vgl. Abbildung 22).

The image shows a standard Windows-style dialog box with a title bar that reads 'Neues Szenario hinzufügen'. Below the title bar, the text 'Bitte geben Sie die Daten für ein neues Szenario ein' is displayed. There are four labeled input fields: 'Name' containing 'Trasse A', 'Bearbeiter' containing 'Herr Meier', 'Referenzjahr' containing '2001', and 'Beschreibung' containing a multi-line text description: 'Busso-Peus-Straße als Verbindung zwischen der Von-Esmarch-Straße und dem Gievenbecker Weg.'. At the bottom of the dialog, there are two buttons: 'Abbrechen' on the left and 'Fertig' on the right.

Abbildung 22: Eingabedialog zur Erstellung eines neuen Szenarios.

Die vom Benutzer gemachten Angaben werden anschließend in der Tabelle SZENARIEN in der VuGIS-Datenbank abgelegt (vgl. Kap. 3.9). Die Ergebnisse späterer Berechnungen und Analysen (z. B. Verkehrsströme, Emissionen, Immissionen) werden in dieser Tabelle ebenfalls abgelegt. Damit solche Wirkungsanalysen für das erzeugte Szenario durchgeführt werden können, sind in einem weiteren Schritt die jeweils geplanten Maßnahmen für dieses Szenario zu definieren.

4.2 Maßnahmen definieren

Die Art der Wirkungsanalysen basieren auf den Informationen, die sich aus den für das jeweilige Szenario definierten Maßnahmen ergeben. Falls für das aktive Szenario noch keine Maßnahmen definiert worden sind, kann dies über den Menüpunkt „Maßnahmenkatalog anzeigen“ des Menüs „Planfall“ erfolgen (vgl. Kap. 3.3.1).

Nach dem Aufruf erscheint ein Maßnahmenkatalog, aus dem eine Maßnahme ausgewählt werden kann (Kap. 4.2.1). Im Anschluss an die Selektion führt das VuGIS-System den Benutzer automatisch zu weiteren Eingabefenstern, die für die Spezifizierung der ausgewählten Maßnahme erforderlich sind. Diese Nutzerführung wird im Folgenden beispielhaft für die Maßnahme eines Straßenneubaus demonstriert (Kap. 4.2.2).

4.2.1 Maßnahmenkatalog

Der Maßnahmenkatalog enthält alle vom VuGIS-System vorgesehenen Maßnahmen, die ebenso wie die Menüpunkte der Benutzerschnittstelle als Metaphern in der Aufgabenanalyse von Verkehrsplanern bzw. in den Interviews identifiziert wurden (vgl. Kap. 2.3).

Abbildung 23 zeigt das Dialogfenster, das zum Auswählen einer Maßnahme erscheint. Aus Gründen der besseren Übersicht sind die Maßnahmen in einer Baumstruktur hierarchisch dargestellt.

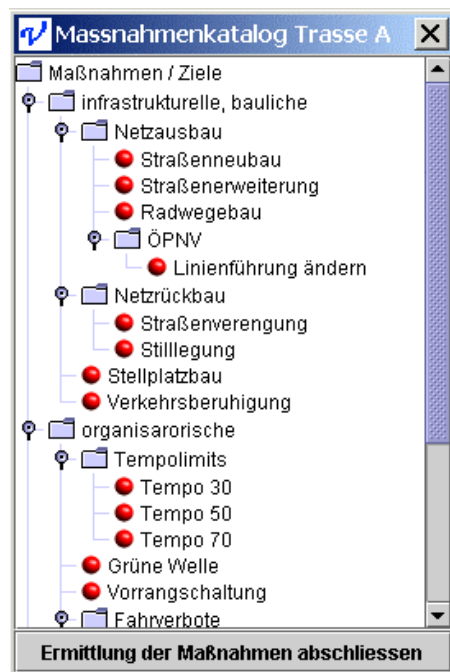


Abbildung 23: Dialogfenster zur Auswahl von Maßnahmen.

Nach der Wahl eines Maßnahmentyps wird der Benutzer vom VuGIS-System automatisch zur Eingabe weiterer spezifischer Informationen aufgefordert. Im folgenden Abschnitt wird diese Nutzerführung am Beispiel eines geplanten Straßenneubaus demonstriert.

4.2.2 Nutzerführung am Beispiel eines Straßenneubaus

Die Nutzerführung bei der Maßnahme eines Straßenneubaus geschieht in zwei Schritten. Nach der Auswahl der Maßnahme aus dem Katalog muss zunächst die neue Trasse in das bestehende Straßennetz digitalisiert werden. Um entsprechende Wirkungsanalysen durchführen zu können, werden neben der Geometrie der Trasse auch weitere Attributwerte benötigt (vgl. Kap. 2.4; Kap. 3.6). Demzufolge müssen die erforderlichen Attributwerte im Anschluss an die Digitalisierung über ein Dialogfenster eingegeben werden.

Das Digitalisieren geschieht über eine Eingabebox, welche sich nach der Auswahl der Maßnahme „Straßenneubau“ automatisch öffnet. Als Hintergrund wird eine topographische Karte des beim Anlegen des Planfalls definierten Planungsgebiets zur leichteren Orientierung eingeladen. Im Vordergrund befindet sich das bereits existierende Straßennetz. Weiterhin besteht die Möglichkeit, im Kartenausschnitt zu navigieren bzw. diesen zu vergrößern, um präzise digitalisieren zu können (vgl. Abbildung 24).

Nach Beendigung des Digitalisiervorganges wird die neu eingegebene Trasse intern vom VuGIS-Prototypen als zwei Linienzüge mit gleicher Geometrie aber entgegengesetzten Richtungen (Hin- und Rückweg) in das bestehende Straßennetz-Coverage eingefügt. Hierzu wird ein vorläufiges zusätzliches ArcGIS-Coverage erzeugt, welches nur die neue Trasse enthält

und eine zusätzliche Spalte für deren Breite. Beim Einfügen der beiden neuen Linienzüge in das bestehende Straßennetz-Coverage verändert sich die Topologie innerhalb des Verkehrsnetzes. Hierbei werden bestehende Trassen aufgeteilt und interne Attributwerte geändert. Während die Topologie im Geoinformationssystem ArcInfo automatisch aktualisiert wird, werden die für die Konvertierung ins Datenformat des Verkehrsmodells VSS benötigten Topologie-Attribute durch entsprechende Programmierung des VuGIS-Prototypen gesondert angepasst. Diese Aktualisierung der Topologie geschieht für den Anwender unsichtbar.

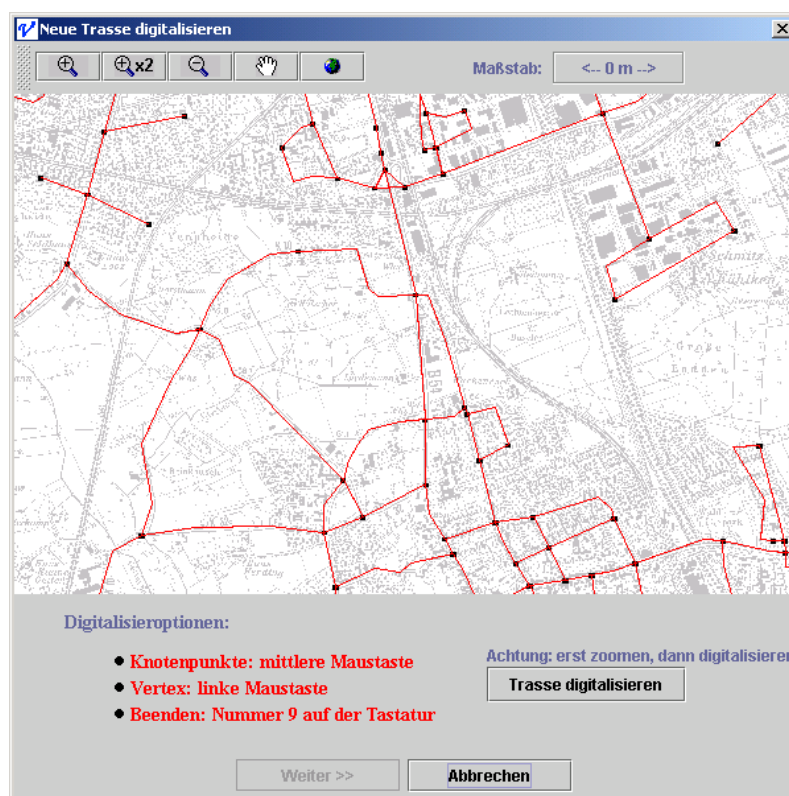


Abbildung 24: Dialogfenster zum Digitalisieren von Straßen.

Nach der Digitalisierung wird der Nutzer vom VuGIS-System zum zweiten Schritt – der Attributaufnahme – aufgefordert. Die Attributwerte sind in knoten- und kantenbezogene Attributwerte unterteilt. Die knotenbezogenen Attributwerte müssen für jede Trasse aufgenommen werden, welche in einem der Kreuzungspunkte (Knoten) der neuen Trasse endet. Daher stellt der Prototyp für jede dieser Trassen einen Karteireiter zur Wertaufnahme bereit (vgl. Abbildung 25).

In den ersten beiden dieser Reiter müssen zudem die kantenbezogenen Attributwerte der neuen Trasse, getrennt in Hin- und Rückrichtung, eingegeben werden. Als Orientierungshilfe für den Nutzer fungiert die Anzeige der Knotenkoordinaten sowie ein graphisches Übersichtsfenster, in dem stets die Kante, deren Attribute gerade eingegeben werden können, gelb hinterlegt ist. Des Weiteren ist für spätere Berechnungen die Gesamtbreite der neuen Trasse in Metern anzugeben.



Abbildung 25: Dialog zur Aufnahme von Attributwerten nach dem Digitalisieren einer Straße.

Tabelle 6 enthält sämtliche vom Benutzer für die Maßnahme eines Straßenneubaus einzugebenden Attribute:

Tabelle 6: Vom Nutzer einzugebende Attribute für die Maßnahme „Straßenneubau“.

Kantenbezogene Attribute	Knotenbezogene Attribute	Sonstige Attribute
<ul style="list-style-type: none"> - Typ der Restraintfunktion (Werte sind aus entsprechender VSS-Tabelle zu entnehmen) - Anzahl der Spuren - Maximale Leistungsfähigkeit - Praktische Leistungsfähigkeit - Geschwindigkeit bei Nullbelastung - Geschwindigkeit bei praktischer Leistungsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Durchfahrtsspuren - Kapazitätsgrenze - Phasenzugehörigkeit - Regelung der Durchfahrt (Werte sind aus entsprechender VSS-Tabelle zu entnehmen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Trassenbreite in Meter

Ist die Eingabe der Attributwerte abgeschlossen, so werden die aufgenommenen Daten vom VuGIS-System abgespeichert. Dies bedeutet, dass die Topologie nun endgültig festgehalten wird und die Attribute in die ArcGIS-Coverages geschrieben werden. Die gemachten Änderungen werden in der VuGIS-Datenbank gespeichert, damit diese ab sofort persistent vorliegen und dem VuGIS-System für zukünftige Analysefunktionalitäten zur Verfügung stehen. Das temporäre ArcGIS-Coverage wird gelöscht.

4.3 Beispielhafte Analysefunktionalitäten

Mit diesem Kapitel soll die praktische Tauglichkeit des entwickelten VuGIS-Systems veranschaulicht werden. Die Analysefähigkeiten des VuGIS-Prototypen werden hierbei anhand wichtiger implementierter Anwendungsfälle demonstriert.

Ein Anwendungsfall stellt eine Teilaufgabe in der Verkehrsplanung dar, die im Kontext einer Gesamtplanung auftreten kann. In der graphischen Benutzeroberfläche des VuGIS-Systems sind diese Funktionen durch Metaphern dargestellt (vgl. Kap. 3.3). Um den Nutzen zu verdeutlichen, den Verkehrsplaner durch das integrative Analyse- und Informationssystem haben können, wurden typische Anwendungsfälle im VuGIS-Prototypen implementiert. Auf Grundlage der Anforderungsanalyse (vgl. Kap. 2) wurden folgende drei Anwendungsfälle exemplarisch ausgewählt, welche zugleich auf Funktionalitäten von Geoinformationssystemen als auch auf Funktionalitäten von Verkehrs- und/oder Umweltmodellen zurückgreifen:

1. Berechnung von *Lärmimmissionen*, welche sich z.B. durch einen Straßenneubau verlagern;
2. Ermittlung von *Lärmschutzkonflikten*, welche sich in Bezug auf den Flächennutzungsplan z.B. durch einen Straßenneubau ergeben;
3. Ermittlung von *Bodenschutzkonflikten*, d.h. von Be- und Entlastungen für das Schutzgut Boden, welche sich z.B. durch einen Straßenneubau aufgrund der veränderten Schadstoffimmissions- und Versiegelungssituation ergeben.

Im Folgenden werden diese drei Anwendungsfälle und ihre Umsetzung im prototypischen VuGIS-System näher erläutert. Die beispielhaften Analysen erfolgten mit Daten der Stadt Münster.

4.3.1 Anwendungsfall „Lärmimmissionen“

Im Menü „*Wirkungsanalyse*“ befindet sich unter dem Menüpunkt „*Belange der Umwelt*“ der Untermenüpunkt „*Lärmimmissionen*“ (vgl. Kap. 3.3.3). Wird dieser für den Ist-Zustand oder für ein Szenario aufgerufen, so werden die Lärmimmissionen für das entsprechend selektierte Planungsgebiet berechnet und dargestellt.

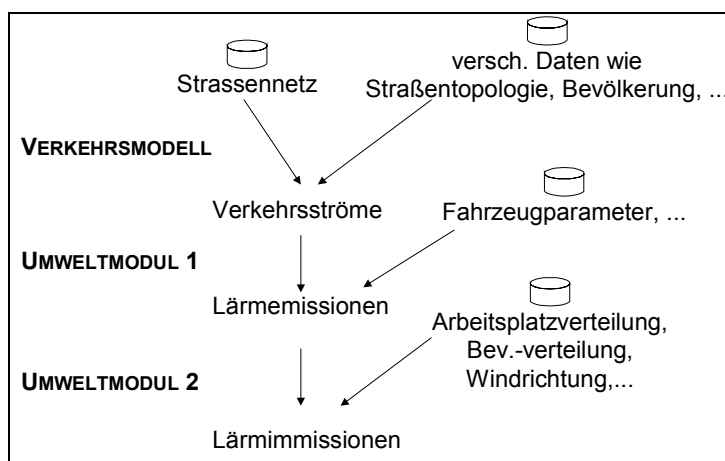


Abbildung 26: Ablaufschema zur Generierung von Lärmimmissionen.

Grundlage für diese Analyse sind die Verkehrsströme. Abbildung 26, in welcher die Ein- und Ausgangsdaten sowie die beteiligten Analysekomponenten aufgeführt sind, zeigt den Prozess zur Berechnung von Lärmimmissionen. Liegen für die Analyse noch keine Daten über Verkehrsbelastungen vor, so werden diese mit Hilfe des Verkehrsmodells intern berechnet (vgl. Kap. 3.8). Das Ergebnis wird in der Datenbank abgespeichert und im nächsten Schritt für die Berechnung der Lärmemissionen und -immissionen mit Hilfe der Umweltmodule weiterverwendet.

Nach der Berechnung der Lärmimmissionen erfolgt automatisch die graphische Ausgabe des Ergebnisses mitsamt Legende inklusive einer textlichen Erklärung über den Hintergrund und den Ablauf der durchgeführten Berechnung. Abbildung 27 veranschaulicht dies beispielhaft für das Ergebnis einer Berechnung für den Ist-Zustand in der Stadt Münster. Es besteht die Möglichkeit, den visualisierten Bereich per Zoom-Funktionen zu verändern, den Bildmittelpunkt zu verschieben und die Hintergrundkarte wahlweise ein- oder auszublenden.

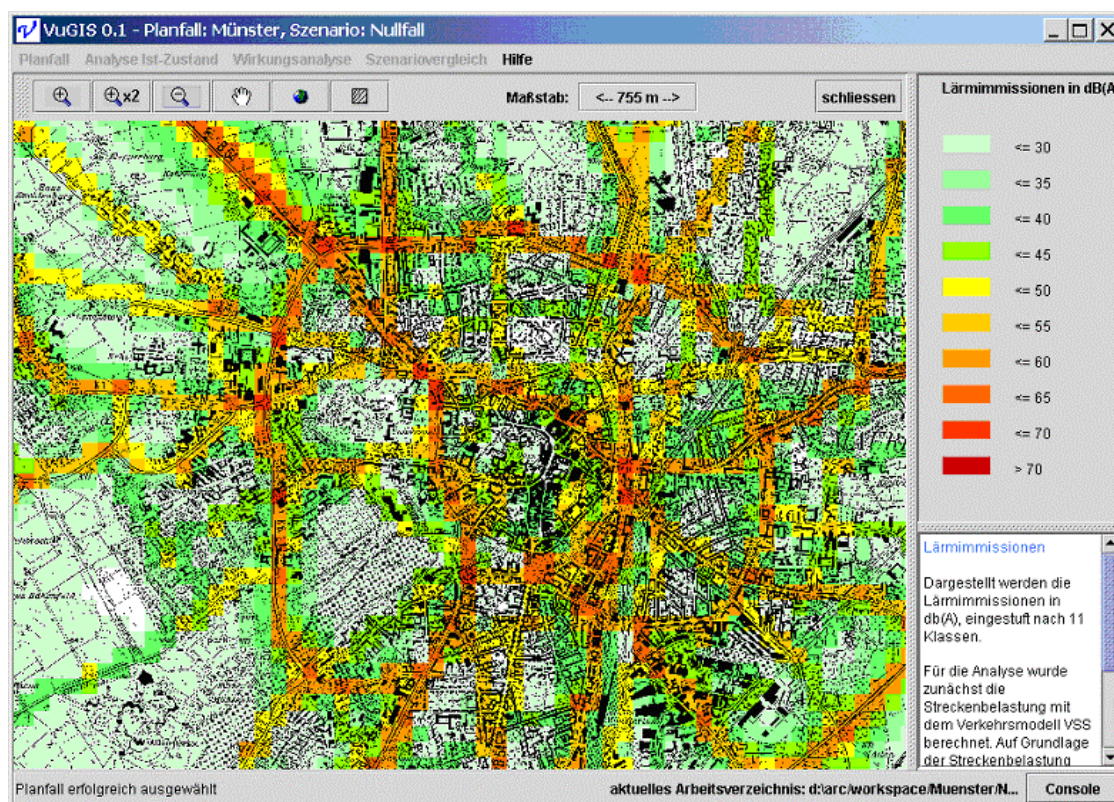


Abbildung 27: Visualisierung von Lärmimmissionen in der Stadt Münster.

4.3.2 Anwendungsfall „Lärmkonflikte“

Im Menü „Wirkungsanalyse“ befindet sich unter dem Menüpunkt „Soziale Belange“ der Untermenüpunkt „Konflikte mit dem Immissionsschutz“ (vgl. Kap. 3.3.3). Wird dieser aufgerufen, so werden beispielsweise für den Fall eines Straßenneubaus die sich daraus voraussichtlich ergebenden Lärmkonflikte ermittelt und dargestellt. Grundlage für die Berechnung sind die im Flächennutzungsplan (FNP) ausgewiesenen Wohn-, Misch- und Gewerbegebiete. Als Lärmkonflikte werden dabei diejenigen Bereiche gewertet, in denen die Grenzwerte für die jeweilige Nutzungsart überschritten wird, wobei die Tageszielwerte der 16. BImSchV (Ver-

kehrslärmschutzverordnung) für Wohn-, Misch- und Gewerbegebiete (59 dB(A), 64dB(A) bzw. 69dB(A), aus: Apel et al., 2002) zu Grunde gelegt werden.

Die Analyse der Lärmkonflikte beinhaltet die Berechnung der Lärmimmissionen, wie sie für den Anwendungsfall „Lärmimmissionen“ bereits im Kapitel 4.3.2 dargestellt wurde, allerdings auf Grundlage des Straßennetzes *inklusive* der neu geplanten Trassenführung. Die

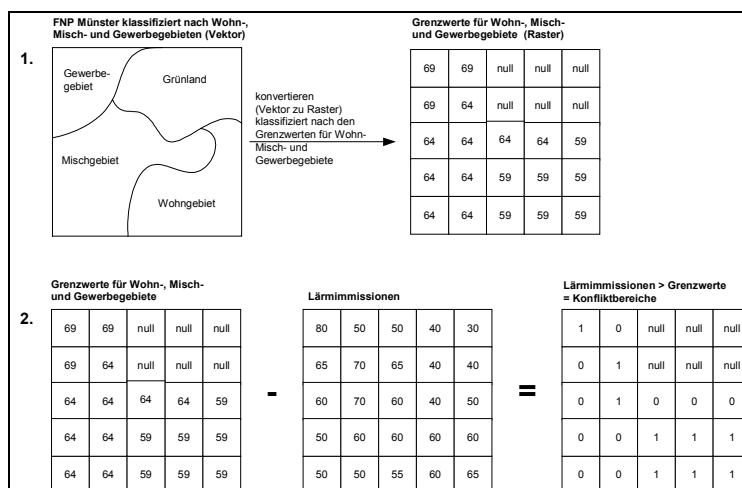


Abbildung 28: Teilschritte der GIS-Analyse zur Ermittlung der Lärmkonfliktbereiche.

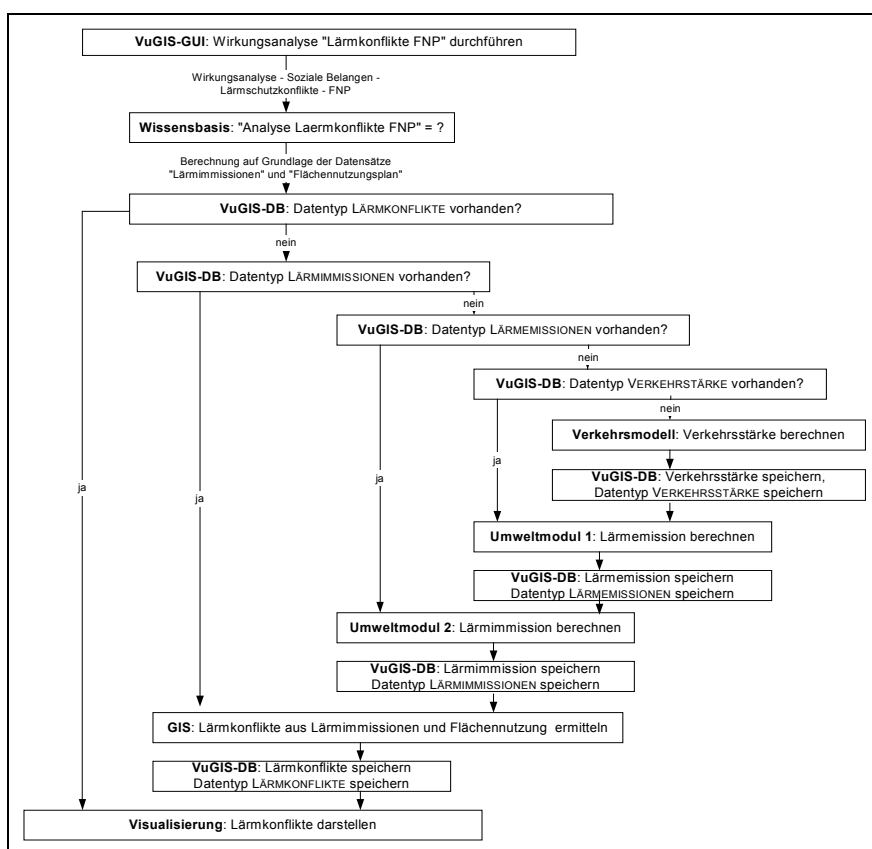


Abbildung 29: Zusammenspiel der Systemkomponenten beim Anwendungsfall Lärmkonflikte.

Konfliktbereiche werden durch das VuGIS-System mittels einer Analyse mit dem GIS ermittelt, bei der durch eine Verschneidung der Lärmimmissionen mit dem FNP die Grenzwertüberschreitungen in Wohn-, Misch- und Gewerbegebieten herausgefiltert werden (vgl. Abbildung 28). Diese GIS-Analyse wurde über Arcedit-Befehlssequenzen, die aus dem Javacode heraus aufgerufen werden, in den VuGIS-Prototypen implementiert.

Alle Teilergebnisse der einzelnen Analyse-Schritte werden für das betrachtete Szenario in der VuGIS-Datenbank abgespeichert. Zusätzlich wird intern die Information gespeichert, dass die entsprechenden Datentypen der Teilergebnisse für dieses Szenario bereits erzeugt wurden. Werden dieselben Teilergebnisse ein weiteres Mal angefordert, so wird der bereits erzeugte Datensatz lediglich aus der Datenbank eingeladen und dargestellt, ohne dass eine weitere zeitraubende Berechnung ausgeführt werden müsste. Abbildung 29 zeigt das Zusammenspiel zwischen den beteiligten Systemkomponenten, so wie es im VuGIS-System beim automatisierten Ablauf der Wirkungsanalyse intern stattfindet.

Als Ergebnis der Berechnungen erhält der Anwender des VuGIS-Prototypen eine Karte mit den Konfliktzonen im Bereich Lärm. Abbildung 30 veranschaulicht die Ausgabe beispielhaft für eine Analyse in der Stadt Münster:

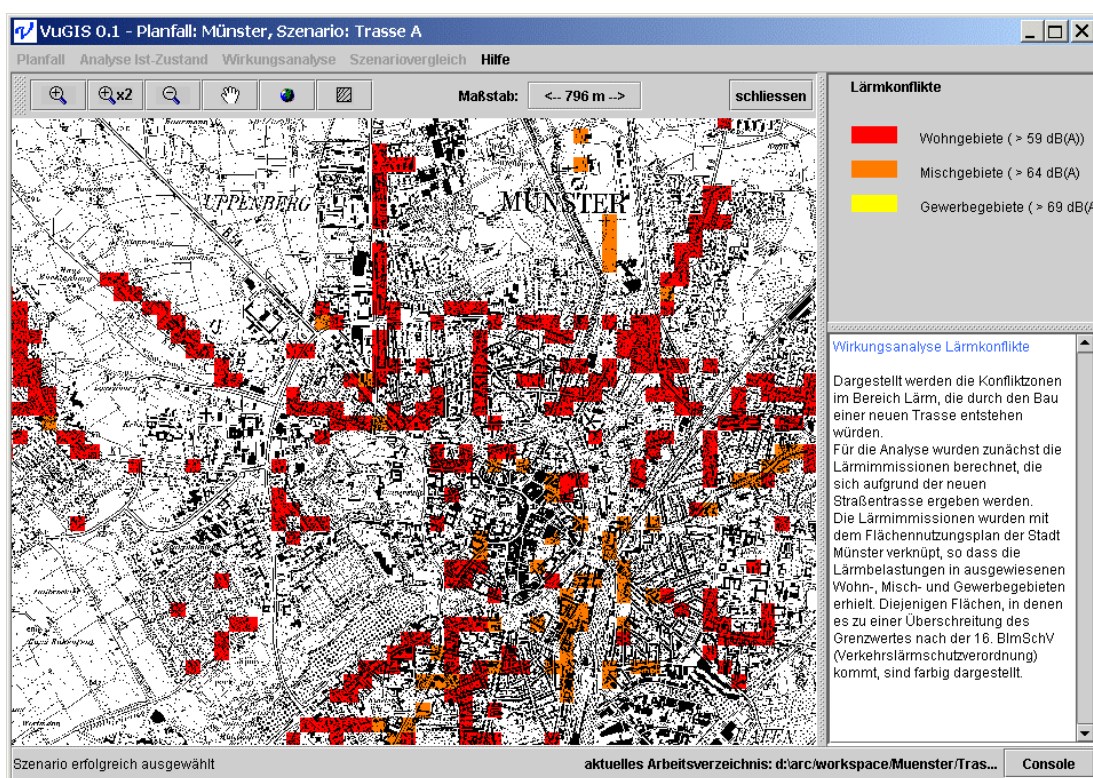


Abbildung 30: Visualisierung berechneter Lärmkonflikte in der Stadt Münster.

4.3.3 Anwendungsfall „Bodenkonflikte“

Die Berücksichtigung der Umweltbelange wird bei einem größeren Planungsvorhaben durch die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gewährleistet. Der VuGIS-Prototyp stellt Analysefunktionalitäten bereit, welche die potenziellen Konfliktbereiche mit den verschiedenen Schutzgütern berechnen und darstellen. Dadurch können bereits im Vorfeld einer Planung

grobe Einschätzungen verschiedener Planungsvarianten getroffen werden. Auf die Durchführung einer vollständigen UVP kann bei einem Planungsvorhaben jedoch nicht verzichtet werden.

Im Menü „Wirkungsanalyse“ befinden sich unter dem Menüpunkt „Belange der Umwelt“ die hierarchisch untergliederten Untermenüpunkte „Konflikte mit natürlicher Umwelt“, „Schutzgebiete“, „Konflikte mit anderen Flächen“, „Boden“ (vgl. Kap. 3.3.3). Wird der Untermenüpunkt „Boden“ aufgerufen, so wird die Analyse von Bodenkonflikten aktiviert. Für den Fall einer Straßenneuplanung wird das Schutzgut Boden durch Schadstoffeintrag und Versiegelung gefährdet. Entsprechend werden beim Anwendungsfall „Bodenkonflikte“ die sich aus der geplanten Trassenführung ergebenden Be- und Entlastungen für den Boden in Hinblick auf Schadstoffe und Versiegelung ermittelt. Der Anwendungsfall „Bodenkonflikte“ beinhaltet dabei sehr komplexe Analysefunktionen. So ist der Anwendungsfall „Schadstoffimmissionen“, welcher in der Wirkungsanalyse vom Anwender auch als eigenständiger Punkt ausgeführt werden kann (vgl. Kap. 4.3.1), in den Analyseablauf zur Bestimmung der Bodenkonflikte integriert (vgl. Abbildung 31).

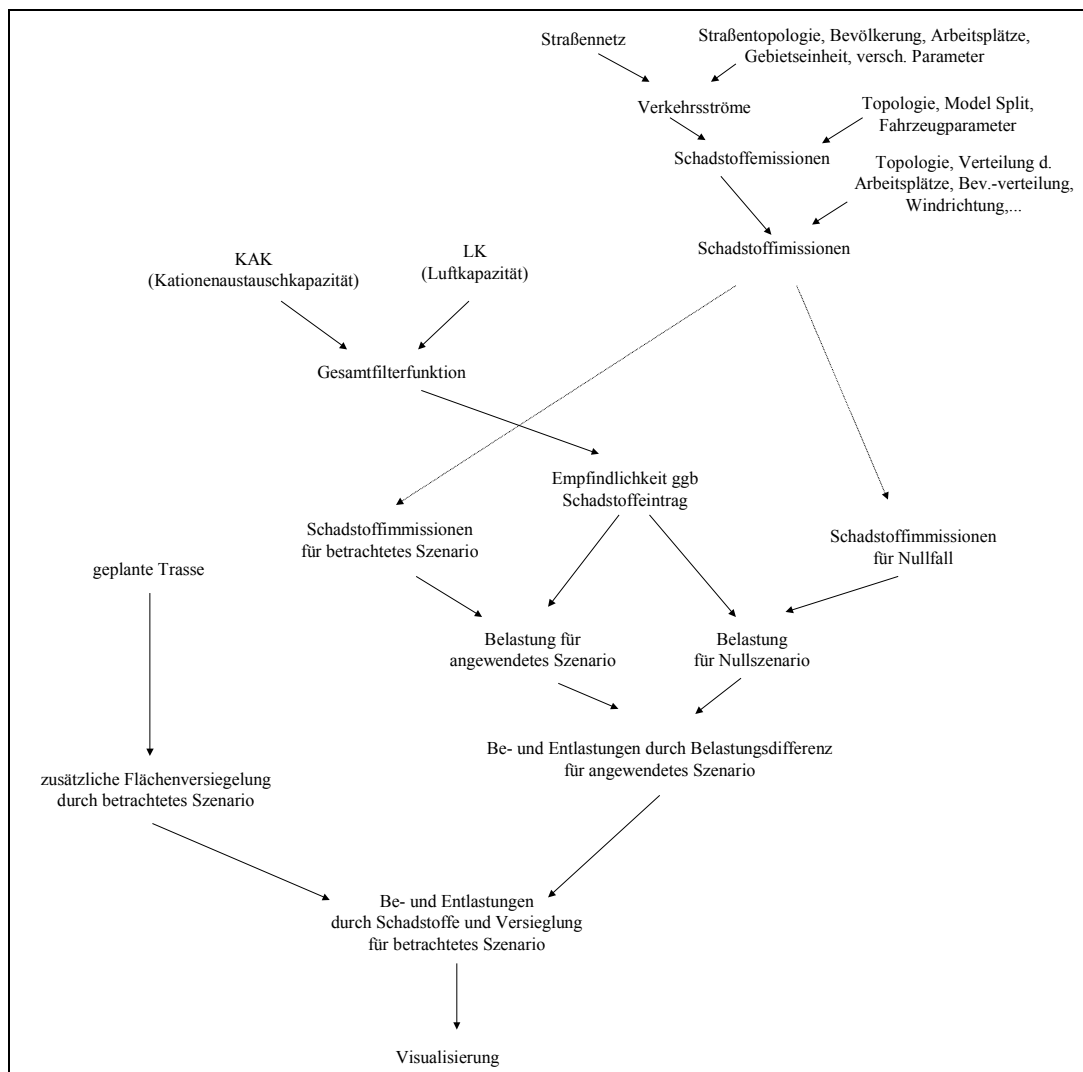


Abbildung 31: Ablaufschema zur Generierung von Bodenkonflikten.

Zur Ermittlung der zukünftigen Be- und Entlastungen, die sich für das Schutzgut Boden aus dem Bau einer Straße ergeben, werden die Veränderungen der Belastung durch Schadstoffimmissionen und durch Versiegelung für ein Szenario im Vergleich zum Nullfall berechnet. Die einzelnen Verfahrensschritte mit ihren jeweiligen Ein- und Ausgangsdaten sind in der Abbildung 31 graphisch dargestellt. Es handelt sich dabei, wie bei den vorherigen beiden Anwendungsfällen auch, um einen automatisierten Ablauf von Einzelberechnungen, dem ein Zusammenspiel der verschiedenen Systemkomponenten Geoinformationssystem, Verkehrs- und Umweltmodell zu Grunde liegt. Teilergebnisse für das betrachtete Szenario werden vom VuGIS-System mitsamt der Information über erzeugte Datentypen zur Vermeidung mehrfacher Berechnungen abgespeichert.

Die *Schadstoffimmissionen* werden mit Hilfe von Umweltmodellen für den Nullfall und das betrachtete Szenario berechnet. Dabei verläuft die Ermittlung von Schadstoffimmissionen nach dem gleichen Schema wie dies bereits für die Ermittlung von Lärmimmissionen dargestellt worden ist (vgl. Abbildung 26). Der einzige Unterschied zwischen den beiden Berechnungen besteht darin, dass als Fahrzeugparameter statt der durchschnittlichen Lärmemission die durchschnittliche Schadstoffemission angegeben wird. Die nachfolgenden Berechnungen sind Teilschritte einer komplexen GIS-Analyse und werden zum einen durch Reklassifizierung und zum anderen durch Verwendung von Map Algebra durchgeführt.

Zur Beurteilung der Be- bzw. Entlastungen im Bereich der Schadstoffimmissionen wird die *Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Schadstoffen* berücksichtigt. Die Be- bzw. Entlastungen werden an den Örtlichkeiten als hoch eingeschätzt, wo besonders empfindliche Böden betroffen sind. Die Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Schadstoffeintrag wird von seiner Gesamtfilterwirkung abgeleitet (nach Roth und Schneider, 1997). Für die hier dargestellte Wirkungsanalyse mit dem VuGIS-Prototypen für die Stadt Münster wurden digitale Bodenkarten des Geologischen Dienstes NRW im Maßstab 1: 5000 verwendet. Die Bodendaten enthalten Informationen über Kationenaustauschkapazität (KAK) und Luftkapazität (LK), woraus sich die Gesamtfilterwirkung des Bodens ableiten lässt. Je größer das Filtervermögen des Bodentyps ist, desto höher ist seine Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffanreicherung. Durch eine Verknüpfung der Schadstoffimmissionen mit der Einstufung der Empfindlichkeit des Bodens wird eine Einstufung des Belastungsgrades von 1 bis 9 vorgenommen. Als Teilergebnis der Wirkungsanalyse erhält man den *Bodenbelastungsgrad* für das betrachtete Szenario und den Nullfall.

Die Veränderung des Belastungsgrades aufgrund der geplanten Trassenführung ergibt sich aus der Differenz der Werte für das betrachtete Szenario und den Nullfall. Werte größer Null zeigen eine Belastung, Werte kleiner Null zeigen eine Entlastung an, so dass man die *Be- bzw. Entlastungszonen in Bezug auf Schadstoffimmissionen* erhält.

Die Veränderung der *Flächenversiegelung* wird auf Grundlage des geplanten Trassenverlaufs und der Trassenbreite berechnet. Da beim Anwendungsfall „*Bodenkonflikte*“ davon ausgegangen werden kann, dass keine Flächenentsiegelung stattfindet, wird kein Vergleich mit dem Nullfall durchgeführt.

Die Belastungen durch Flächenversiegelung und die Be- bzw. Entlastungen im Bereich der Schadstoffimmissionen werden in Form von *Be- und Entlastungszonen* zusammengefasst. Versiegelten Flächen wird dabei die stärkste Belastung zugewiesen (Totalverlust des Bodens).

Als Ergebnis der Berechnungen der Bodenkonflikte erhält der Anwender eine Karte mit den Be- und Entlastungszonen. Abbildung 32 veranschaulicht die Visualisierung der Ergebnisse für einen Straßenneubau im Gebiet der Stadt Münster.

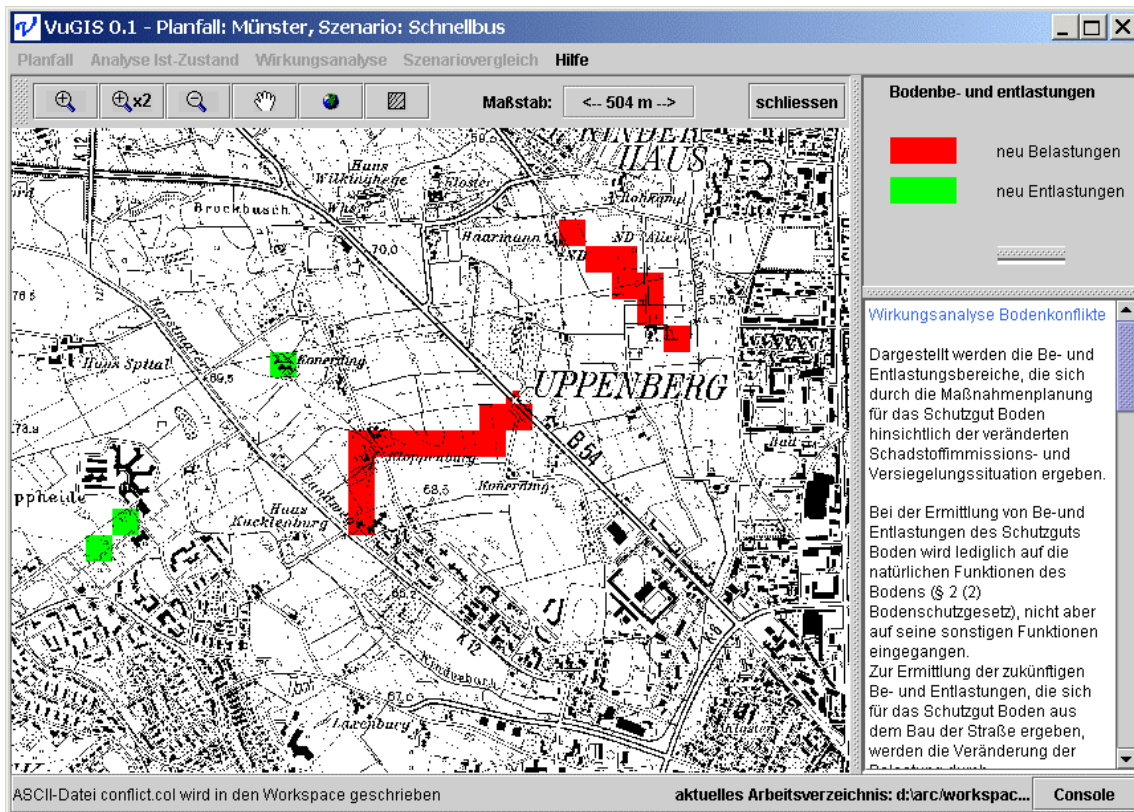


Abbildung 32: Visualisierung von Bodenkonflikten bei einem Straßenneubau.

5 Schlussbetrachtungen

Die hier dokumentierten Ergebnisse des VuGIS-Projekts werden in diesem Kapitel nochmals zusammengefasst und bewertet (Kap. 5.1). Den Abschluss bildet ein Ausblick auf zukünftige Erweiterungsmöglichkeiten des VuGIS-Systems (Kap. 5.2).

5.1 Fazit

Ziel des Forschungsprojektes war die Konzeption eines GIS-basierten Analyse- und Informationssystems für die kommunale und regionale Verkehrsplanung, das sich bereits in einem frühen Stadium des Planungsprozesses zur Analyse des Ist-Zustands und zur Bewertung von Alternativen eignet, damit man sich im weiteren Verfahren ausschließlich auf die aussichtsreichen Lösungen konzentrieren kann.

Die Integration der Funktionalitäten von GIS, Verkehrs- und Umweltmodell in einem System trägt dazu bei, dass die vorherrschenden sektoralen Analyse- und Planungsansätze aufgebrochen werden und eine integrative bzw. integrierte Verkehrsplanung unterstützt wird. Die Vorteile dieser neuen Generation von Planungsunterstützungssystemen liegen insbesondere darin, dass mit ihnen sowohl die Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsträgern als auch die Interdependenzen mit anderen Sektoren wie Wirtschaft, Gesellschaft, Umwelt und Stadt- und Raumentwicklung analysiert werden können.

Die in diesem Bericht beschriebenen Ergebnisse des VuGIS-Projekts zeigen, wie bei der Entwicklung eines integrativen Analyse- und Informationssystems für die Verkehrsplanung methodisch vorzugehen ist. Zugleich wurde eine Vielzahl verschiedener technischer und planerischer Anforderungen formuliert, die ein solches System erfüllen muss, damit es für den Einsatz in der Planungspraxis geeignet ist.

Ein Ziel des VuGIS-Projektes war die Entwicklung einer Benutzerschnittstelle, die von Verkehrsplanern intuitiv genutzt werden kann. Hierdurch soll die volle Nutzbarkeit des Analyse- und Informationssystems ermöglicht werden, auch wenn seitens des Anwenders keine gesonderten Erfahrungen mit GIS, Verkehrs- oder Umweltmodelle vorliegen.

Durch eine intensive und durch Fallstudien untermauerte Aufgabenanalyse wurden verkehrsplanerische Metaphern identifiziert, anhand derer Verkehrsplaner das Analyse- und Informationssystem über die Benutzerschnittstelle in ihrer 'eigenen Sprache' und damit intuitiv bedienen können. Die Entwicklung der Benutzerschnittstelle konnte so an den Bedürfnissen der Verkehrsplaner erfolgen. Die Aufgabenanalyse diente gleichzeitig aber auch der Spezifizierung der zu implementierenden Funktionalitäten, die über die metaphern-basierte Benutzeroberfläche aufgerufen werden können.

Die Menüs „Planfall“, „Analyse des Ist-Zustands“ und „Wirkungsanalyse“ wurde als geeignete Einstiegspunkte identifiziert. Während das Menü „Planfall“ vor allem verwaltende Aufgaben bzw. Funktionalitäten zum Spezifizieren von Maßnahmen enthält, umfasst das Menü „Analyse des Ist-Zustands“ sämtliche Funktionalitäten für eine IT-gestützte Bestandsanalyse in der Verkehrsplanung. Das Menü „Wirkungsanalyse“ ist in verschiedene Zielbereiche bzw. nach Belangen untergliedert. Hier können die voraussichtlichen Auswirkungen von Maßnahmen bzw. deren Folgewirkungen auf andere Belange prognostiziert und dargestellt werden.

Die vom VuGIS-Projekt entwickelte metaphern-basierte Benutzerschnittstelle erlaubt Verkehrsplanern folglich die intuitive IT-Unterstützung bei integrierten Planungsprozessen.

Ein weiteres Ziel des VuGIS-Projekts war die Integration von GIS, Verkehrs- und Umweltmodellen in einem System. Hierdurch soll die kombinierte Nutzung der vielfältigen Prognose- und Analysefunktionalitäten solcher Systeme in einem umfassenden Analyse- und Informationssystem ermöglicht werden.

Während der Konzeption des integrativen Analyse- und Informationssystems wurde auf eine möglichst hohe Flexibilität Wert gelegt. Die offene Systemarchitektur des VuGIS-Systems ermöglicht einen sehr flexiblen und damit von Herstellern unabhängigen Aufbau eines solchen Systems.

Bei der prototypischen Implementierung des VuGIS-Systems wurden die Softwarepakete ArcGIS der Fa. ESRI als GIS, VSS der Fa. HHS als Verkehrsmodell und ein vom Büro S&W entwickeltes Umweltmodul verwendet. Während für die Integration der GIS-Funktionalitäten eine Java-API genutzt wurde und diese daher direkt aus der Programmsteuerung angesprochen werden können, erfolgt der Aufruf der DOS-basierten Verkehrs- und Umweltmodelle über separate Stapelverarbeitungsdateien.

Da das GIS eine zentrale Rolle bei der Editierung, Analyse und Visualisierung der Daten einnimmt, wurden ArcGIS-Formate (Coverages, Grids, Info-Tabellen) als Standarddatenformate definiert. Der Datenaustausch zwischen den jeweiligen Modellen wurde über eigens entwickelte Schnittstellen auf der Basis der Arc Macro Language (AML) organisiert.

Um die Funktionsfähigkeit des VuGIS-Konzepts aufzuzeigen, wurden folgende Systemfunktionalitäten in einen VuGIS-Prototypen implementiert:

- Definition, Öffnen und Speichern verkehrsbezogener Projekte und Szenarien sowie der berechneten Ergebnisse;
- Editierung von Straßenneubaumaßnahmen (inklusive Nutzerführung);
- Automatisierte und multimodale Simulation mit dem Verkehrs- bzw. Umweltmodell;
- GIS-Analysen wie Überlagerungen, Verschneidungen und Pufferungen;
- Anzeigen und Hinterlegen von Kartenwerken und anderen (Hintergrund-)Informationen;
- Visualisierung der Eingangsdaten und der Ergebnisse;
- Vergleichende Analyse mehrerer Szenarien.

Die Funktionsfähigkeit und Praktikabilität des VuGIS-Prototypen wurde in diesem Bericht anhand vollständig implementierter, typischer Anwendungsfälle aus der Verkehrsplanung demonstriert. So wurde für den Fall eines Straßenneubaus gezeigt, auf welche Art und Weise Lärmimmissionen, Lärmkonflikte und Bodenschutzkonflikte mit dem VuGIS-System unter Einbezug der Funktionalitäten von GIS, Verkehrs- und Umweltmodell ermittelt werden können. Es konnte veranschaulicht werden, dass das auf die Bedürfnisse von Verkehrsplanern zugeschnittene VuGIS-System auch ohne vertiefte Kenntnisse von GIS, Verkehrs- und Umweltmodellen einfach zu bedienen ist.

Eine wichtige Voraussetzung für den praktikablen Einsatz ist die Nutzbarmachung aller erforderlichen Informationen. Da Daten jedoch je nach Erhebungszweck und Anbieter in unterschiedlichen Formaten vorliegen, war das Aufzeigen, wie solch heterogene Datenquellen nutzbar gemacht werden können, ein weiteres Ziel des VuGIS-Projekts.

Der in diesem Projekt entwickelte Mediator konnte demonstrieren, wie für definierte Aufgaben durch die Verwendung von Ontologien heterogene Datenquellen in ein laufendes System eingebunden werden können. Allerdings ist festzuhalten, dass die Nutzbarmachung verschiedener Datenquellen durch einen Mediator noch weit von einer lauffähigen Lösung entfernt ist, und dass gerade auf diesem Gebiet noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht. Ein großes Manko besteht hier insbesondere im Fehlen gemeinsamer Ontologien.

Beim VuGIS-Prototypen wurden daher sämtliche erforderlichen Daten entweder manuell direkt in die VuGIS-Datenbank eingespeist oder über selbst programmierte Schnittstellen zunächst konvertiert und anschließend in das System eingebunden. Dies hat jedoch im Gegensatz zum Konzept des Mediators den Nachteil, dass diese Daten theoretisch nach jeder Aktualisierung neu in das System eingeladen werden müssten.

5.2 Möglichkeiten zur Weiterentwicklung

Die im VuGIS-Projekt gemachten konzeptionellen Vorarbeiten und die Ergebnisse der prototypischen Implementierung können für die Entwicklung eines in der verkehrsplanerischen Praxis einsetzbaren Analyse- und Informationssystems genutzt werden. Dabei sollten insbesondere folgende Punkte berücksichtigt werden:

a) Ausweitung des planerisch-inhaltlichen Funktionsumfangs

Für ein in der Planungspraxis einsetzbares System müssen im Vergleich zum VuGIS-Prototypen sowohl der Umfang der planbaren Maßnahmen als auch der Umfang der durchführbaren Analysefunktionalitäten wesentlich ausgeweitet werden.

Die im Rahmen des VuGIS-Projekts durchgeführten Interviews und die daraus extrahierten Metaphern bilden hier bereits eine sehr gute Grundlage. Die Ergebnisse flossen zwar vollständig in die Benutzeroberfläche bzw. in den Maßnahmenkatalog ein, konnten bei der prototypischen Implementierung allerdings nicht gänzlich umgesetzt werden.

Bei einer Weiterentwicklung lässt sich aber auch die in diesem Bericht präsentierte Liste durch weitere Interviews und vor allem durch ausführliche Nutzertests ergänzen. Auch die Entwicklung der intuitiv nutzbaren Benutzerschnittstelle lässt sich somit weiterführen und verbessern.

b) Flexibilisierung und Verfeinerung der Funktionalitäten

Neben einer Ausweitung des Funktionsumfangs sollten die Anwender die Möglichkeit erhalten, die Funktionen des Analyse- und Informationssystems selbstständig justieren zu können. Dies gilt insbesondere für die integrierten Verkehrs- und Umweltmodelle, die im VuGIS-Prototypen fest parametrisiert wurden. Explizite Beschreibungen des Mappings von Metaphern auf Systemfunktionalitäten (*Task Ontologies*) sind hierbei eine hilfreiche Methode.

Des Weiteren kann bei einer Weiterführung des bestehenden VuGIS-Ansatzes darüber nachgedacht werden, in wieweit differenzierte Verkehrs- und Umweltmodelle die Aussagekraft der Analysen erhöhen können. So erscheint es beim Dispersionsmodell beispielsweise für die Analysen im bebauten Bereich als zweckmäßig, die räumliche Auflösung des bisherigen 100-

Meter-Rasters weiter zu verfeinern. Allerdings stiege der hierzu erforderliche zusätzliche Datenbedarf (z.B. über Gebäude-Höhen) ebenfalls an.

c) Integration komplexer Simulationsmodelle

Langfristig sollten auch komplexe Simulationsmodelle zur Stadtentwicklung in ein solches Analyse- und Informationssystem für Verkehrsplaner eingebunden werden. Diese Modelle dienen der Prognose von Verkehr, Flächennutzung sowie der ökologischen Auswirkungen und haben damit bereits per se einen sehr integrativen Charakter.

Problematisch ist allerdings ihre derzeit noch relativ schwerfällige Bedienbarkeit sowie die sehr hohe Komplexität. Diese Modelle werden daher bisher vorwiegend an wissenschaftlichen Einrichtungen eingesetzt.

d) Konsequente Strukturierung in Komponenten und OGC-konforme Datenhaltung

Ein integratives Analyse- und Informationssystem muss für einen produktiven Einsatz konsequent in Komponenten strukturiert werden, damit die Austauschbarkeit der einzelnen Systemkomponenten gewährleistet ist. Hierdurch können insbesondere die bisher in der Verkehrsplanung eingesetzten Geinformationssysteme und Simulationsmodelle weiter verwendet und somit Investitionen gesichert werden. In diesem Zusammenhang kann darüber nachgedacht werden, in wieweit ein solches System als Internet-Lösung implementiert werden kann bzw. ob einzelne Funktionalitäten des Systems als web-basierte Dienste (WebServices) angeboten werden können.

Um eine problemlose Austauschbarkeit der Komponenten zu gewährleisten, muss sich die Datenhaltung, insbesondere bei einem web-basierten Ansatz, einheitlich und strikt an den Standards des OpenGIS Consortiums halten bzw. daran orientierte Schnittstellen zur Verfügung stellen. Um die Einbindung externer Datenquellen mit Hilfe eines Mediators zu ermöglichen, sollte das verwendete Datenmodell zukünftig in einer Ontologie beschrieben werden.

e) Weiterentwicklung des Wissensbasis-Konzepts zu Prozess-Ontologien

Die im VuGIS-Projekt entwickelten Ansätze zum Aufbau einer Wissensbasis können zu vollständigen *Task Ontologies* für die Verkehrsplanung weiterentwickelt werden. Diese beschreiben explizit, welche Systemfunktionalitäten sich hinter den Metaphern der Benutzerschnittstelle verbergen. Der Benutzer des Analyse- und Informationssystem kann so Änderungen an den Arbeitsabläufen vornehmen, ohne dass der Programmcode selbst geändert werden müsste.

f) Weiterentwicklung des Mediator-Konzepts zur Einbindung heterogener Datenquellen

Das im Rahmen des VuGIS-Projekts ausgearbeitete Mediator-Konzept zur Integration heterogener Daten sollte bei einer Weiterentwicklung eines produktiven Analyse- und Informationssystems unbedingt mitberücksichtigt werden. Da dieses Konzept in den nächsten Jahren wegen der noch sehr geringen Verbreitung semantisch beschriebener Datenquellen jedoch noch nicht praktisch umsetzungsfähig ist, handelt es sich beim Ziel der Integration eines Mediators um ein langfristig angelegtes. In Zukunft sollte hier insbesondere an der Entwicklung und Verbreitung einer standardisierten Ontologie gearbeitet werden.

6 Quellenverzeichnis

Literatur

- Albrecht, J.; Jung, St.; Mann, S. (1997): *VGIS: a GIS shell for the conceptual design of environmental models*. In: Kemp, Z. [Hrsg.]: *Innovations in GIS 4*. London: Taylor & Francis.
- Apel, D.; Holzapfel, H.; Kiepe, F.; Lehmbrock, M.; Müller, P. [Hrsg.] (2002): *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung*. Heidelberg: Economica.
- BMV (Bundesministerium für Verkehr) (1990): *Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-90*. Bonn.
- BMV (Bundesministerium für Verkehr) [Hrsg.] (1993): *Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrsweegeinvestitionen. Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992*. Schlussbericht zum FE-Vorhaben 90372/92 des Bundesministers für Verkehr. Schriftenreihe des BMV 72. Essen und Bonn.
- Bosserhoff, D. (2000): *Integration von Verkehrsplanung und räumlicher Planung*. Heft 42 der Schriftenreihe der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung. Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen.
- Caliper Corporation (2001): *TransCAD Overview*. Verfügbar unter: <http://www.caliper.com/tcovu.htm> (letzter Zugriff im März 2002). Newton: Caliper Corporation.
- Carroll, J. M.; Reitmann, O. J. (1988). *Mental Models in Human-Computer Interaction*. In: Helander, M. [Hrsg.]: *Handbook of Human-Computer Interaction*. Amsterdam, Nordholland: S. 45-65.
- Diegmann, V. (2000): *Modellierung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung im städtischen Raum als Erweiterung der geographischen Informationssysteme ArcView und MapInfo*. In: Zagal, B. [Hrsg.] (2000): *GIS in Verkehr und Transport*. Heidelberg: Wichmann.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung) [Hrsg.] (1982): *Hinweise für die Anwendung von Entscheidungs- und Optimierungsmethoden im Verkehrswesen*. Köln.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [Hrsg.] (1991): *Hinweise zur Berücksichtigung rechtlicher Belange bei Verkehrsplanungen*. Köln.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [Hrsg.] (2001a): *Leitfaden für Verkehrsplanungen*. Köln.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) [Hrsg.] (2001b): *Hinweise auf Verfahren bei Verkehrsplanungen im Personenverkehr*. Köln.
- Frank, A. (1993): *The Use of Geographical Information Systems: The User Interface is the System*. In: Medyckyj-Scott, D. und Hearnshaw, H. [Hrsg.]: *Human Factors in Geographical Information Systems*. London: S. 3-14.
- Fürst, F.; Isaac, J.; Ishaq, I.; Kaplan, J.; Maoh, H.; Petzold, I.; Plümer, L.; Salomon, I.; Schürmann, C.; Spiekermann, K.; Wegener, M. (2001): *Sustainable Transport Planning for Israel and Palestine*. In: WCTR Society [Hrsg.]: *WCTR Proceedings*. Seoul: WCTR Society.

- Geis, T.; Hartwig, R. (1998): *Auf die Finger geschaut – Neue ISO-Norm für benutzer-gerechte interaktive Systeme*. In: c't 14/98. Hannover: S. 168-172.
- Gerding, G.; Kuhn, W. (2002): *A Functional Approach to a Wrapper – Mediator Architecture*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Gertz, C. (1998): *Umsetzungsprozesse in der Stadt- und Verkehrsplanung. Die Strategie der kurzen Wege*. Schriftenreihe A des Instituts für Straßen- und Schienenverkehr D 83. Berlin.
- Goodchild, M. F. (1993): *The State of GIS for Environmental Problem-Solving*. In: Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. [Hrsg.]: *Environmental Modeling with GIS*. New York und Oxford.
- Hackos, J. A.; Redish, J. C. (1998): *User and Task Analysis for Interface Design*. New York: Wiley.
- Heimerl, G.; Intraplan Consult GmbH (1988/1993): *Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs*. Erstellt im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. Aktualisierung auf den Sach- und Preisstand 1993. München und Stuttgart.
- Hensel, H. (1976): *Wörterbuch und Modellsammlung zum Algorithmus der Verkehrsprognose*. Aachen: Institut für Stadtbauwesen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.
- HHS (Harloff Hensel Stadtplanung Ingenieur GmbH) (2000): *VSS – Software für die Verkehrsplanung*. Aachen.
- Hickman, J.; Hassel, D.; Joumard, R.; Samaras, Z.; Sorenson, S. (1999): *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumptions*. MEET Deliverable 22. Crowthorne: TRL.
- Hilty, L. M.; Page, B.; Meyer, R.; Mügge, H.; Deecke, H.; Reick, Chr. H.; Gehlsen, B.; Hupf., M.; Becken, O.; Bosselmann, M.; Neumann, M.; Poll, M.; Lechler, T.; Böttger, Th. (1998): *Instrumente für die ökologische Bewertung und Gestaltung von Verkehrs- und Logistiksystemen*. Abschlußbericht des Forschungsprojektes MOBILE. Hamburg und Ulm: Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW), Arbeitsbereich Angewandte und Sozialorientierte Informatik (ASI).
- Holz-Rau, C. (1996): *Integrierte Verkehrsplanung – die herausgeforderte Fachplanung*. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 7-8, S. 391-415.
- INRO (1998): *EMME/2 User's Manual. Software Release 9*. Montréal: INRO Consultants Inc.
- Joerin, F. (2001): *Introduction to MEDUSAT*. Verfügbar unter: http://dgrwww.epfl.ch/HYDRAM/personnes/fjoerin/Medusat/desc_MEDUSAT.html (letzter Zugriff im Februar 2002). Lausanne: Department of Rural Engineering, Swiss Federal Institute of Technology.
- Joumard, R. (1999): *Methods of Estimation of Atmospheric Emissions from Transport: European Scientist Network and Scientific State-of-the-art*. Action COST 319 Final Report. Bron: INRETS.

- Just, J.-D. (1996): *Ermittlung und Einstellung von Belangen bei der planerischen Abwägung*. Münster: Selbstverlag des Instituts für Siedlungs- und Wohnungswesen und des Zentralinstituts für Raumplanung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.
- Kesselring, S. (2001): *Mobile Politik. Ein soziologischer Blick auf Verkehrspolitik in München*. Berlin.
- Kollarits, St. (1997): *Verkehr in GIS: Parallelen, Überschneidungen und Ergänzungen von GIS und Verkehrsplanung*. In: Schrenk, M. [Hrsg.] (1997): *Computergestützte Raumplanung*. Beiträge zum Symposium CORP '97. Wien: S. 259-264.
- Krahl, M. (1999): *Einsatz von GIS in der Verkehrstechnik*. Tagungsband: ESRI European User Conference 1999. München.
- Lakoff, G. und Johnson, M. (1980): *Metaphors We Live By*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Land NRW (Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen) [Hrsg.] (1999): *Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft. Bewertungsrahmen für die Straßenplanung*. Düsseldorf.
- Landesstraßenbauamt Coesfeld (1991): *Erläuterung mit Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur Umweltverträglichkeitsstudie (UVS)*. Coesfeld.
- Lehming, B. (2002): *Kommunale Lärminderungsplanung*. In: Apel, D.; Holzapfel, H.; Kiepe, F.; Lehm Brock, M.; Müller, P. [Hrsg.]: *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung*. Heidelberg: Economica.
- LT; ME&P; MECSA; IRPUD; TRT (1998): *SPARTACUS. System for Planning and Research in Towns and Cities for Urban Sustainability*. Final Report. Helsinki: LT Consultants. (Verfügbar unter: <http://www.ltcon.fi/spartacus>).
- Lutz, M. (2002): *Die VuGIS-Wissensbasis*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- MECSA; LT; S&W (2002): *Transport and Land-Use Interaction*. Part B: Policy Scenarios. IPTS Report 20124 EN/2. Sevilla: IPTS. (Verfügbar unter: <http://www.jrc.es/cfapp/reports/details.cfm?ID=949>)
- Möltgen, J. (2000a): *Metapher-Entwicklung und Task Analysis*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Möltgen, J. (2000b): *Metaphern Analyse und Task Analysis*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Nielsen, J. (1993): *Usability Engineering*. London: Academic Press.
- OGC (Open GIS Consortium) (1999): *OpenGIS Simple Features Specification for SQL (Revision 1.1)*. Verfügbar unter: <http://www.opengis.org/techno/specs/99-049.pdf> (letzter Zugriff im September 2002).
- Ortúzar, J. de D.; Willumsen, L.G. (1990): *Modelling Transport*. Chichester: Wiley.
- Overkämping, B. (2001a): *IT-Unterstützung in der Verkehrsplanung. Methodenerläuterung zur Anfertigung der UMTs und STMs*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Peterson, J.; Chitil, O. (2003): *Haskell – A Purely Functional Language*. Verfügbar unter: <http://www.haskell.org> (letzter Zugriff im Februar 2003).

- Pfaffenbichler, P. C.; Emberger, G. (2001): *Ein strategisches Flächennutzungs-/Verkehrsmo-
dell als Werkzeug raumrelevanter Planungen*. In: Schrenk, M. [Hrsg.]: CORP 2001 –
6. Internationales Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die
Raumplanung, Bd. 1. Wien: S. 195-199.
- Rindsfuser, G.; Ruhren, St. (2000): *VIPS - Verkehrsinformations- und PlanungsSystem – Ein-
bindung der Verkehrsnachfrageberechnung in ArcView*. In: Zagel, B. [Hrsg.]: GIS in
Verkehr und Transport. Heidelberg: Wichmann.
- Rosinak & Partner (2001): *Verum Programmsystem*. Verfügbar unter: [http://www.rosi-
nak.co.at/projekte/informationssysteme/verum/index.html](http://www.rosi-
nak.co.at/projekte/informationssysteme/verum/index.html) (letzter Zugriff im Januar
2002). Wien: Rosinak & Partner Ziviltechniker GmbH.
- Roth, R.; Schneider, S. (1997): *Schutzgut Boden in Umweltverträglichkeitsstudien für Abgra-
bungen. Grundlagen und Ansätze einer Bewertung*. In: scriptum 2. Krefeld: S. 5-20.
- Schauerte-Lüke, N.; Fürst, F.; Schürmann, C. (1998): *Linking a Transport Model to a Ge-
ographic Information System - Tools for EMME/2 and ARC/INFO*. IRPUD Arbeitspa-
pier 163. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2000a): *Verkehrsplanerische Prozesse und Entscheidungsstrukturen*. Dortmund:
Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2000b): *Planfeststellungsverfahren*. Dortmund: Fachgebiet Verkehrswesen und
Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2000c): *Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung*. Dortmund: Fachgebiet
Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2001a): *Standards in Bewertungsverfahren*. Dortmund: Fachgebiet Verkehrswe-
sen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2001b): *Maßnahmentypen in der Verkehrsplanung*. Dortmund: Fachgebiet Ver-
kehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2002): *Alltagsmobilität in Berlin – Über die 'innere Einheit' und die Erklärung
der Verkehrsnachfrage*. In: Gather, M.; Kagermeier, A.; Lanzendorf, M. [Hrsg.]:
Verkehrsentwicklung in den neuen Bundesländern. Erfurt: Erfurter Geographische Stu-
dien 10: S. 37-59.
- Schmals, K. M. (1999): *Raumplanung im Umbruch – Von der technokratischen zur zivilge-
sellschaftlichen Raumplanung?* In: ders. [Hrsg.]: Was ist Raumplanung? Dortmunder
Beiträge zur Raumplanung 89. Dortmund: S. 7-26.
- Schühle, U. (1986): *Verkehrsprognosen im prospektiven Test*. Schriftenreihe des Instituts für
Verkehrsplanung und Verkehrswegebau der Technischen Universität Berlin 18. Berlin.
- Schürmann, C. (2000): *Datenspezifikationen und Datenanforderungen*. Dortmund: Institut für
Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Schürmann, C.; Klien, E.; Lutz, M.; Möltgen, J. (2000): *Evaluierung und Festlegung eines
geeigneten GIS für die Entwicklung des VuGIS-Prototypen*. Dortmund und Münster: In-
stitut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund und Institut für Geoinformatik
(IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Schürmann, C.; Scheiner, J. (2000): *Layout für den Fragebogen*. Dortmund: Institut für
Raumplanung (IRPUD) und Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Univer-
sität Dortmund.

- Schürmann, C.; Schwarze, B. (2002): *Schnittstellen zwischen VSS, ArcGIS und dem Rastermodul*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Schwarze, B. (2002): *Implementierung der VSS-Steuerungsdateien*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Schwarze, B.; Schürmann, C. (2001): *Einbindung des Verkehrsmodell VSS in das VuGIS-Gesamtsystem*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Spiekermann, K. (1999): *Sustainable Transport, Air Quality and Noise Intrusion – An Urban Modelling Exercise*. Beitrag präsentiert auf der ESF/NSF Transatlantic Research Conference on Social Change and Sustainable Transport, 10-13 März 1999, University of California at Berkeley.
- Spiekermann, K. (2003a): *Specification and Implementation Report of the Raster Module*. PROPOLIS Deliverable 4.1. Dortmund: S&W (in Vorbereitung).
- Spiekermann, K. (2003b): *Operational Raster Module*. PROPOLIS Deliverable 4.2. Dortmund: S&W (in Vorbereitung).
- Spiekermann, K.; Wegener, M. (2000): *Freedom from the tyranny of zones: towards new GIS-based models*. In: Fotheringham, A.S. und Wegener, M. [Hrsg.]: *Spatial Models and GIS: New Potential and New Models*. GISDATA 7. Taylor & Francis, London: 45-61.

Rechtliche Grundlagen

- Baugesetzbuch* (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. August 1997 (BGBl. I S. 2141, ber. BGBl. I 1998 S. 137).
- Richtlinien für die Planfeststellung nach dem Bundesfernstraßengesetz* (Planfeststellungsrichtlinien - PlafeR-). Veröffentlicht in: VerkehrsBlatt 1/1993. Bonn.
- TA Luft (1986): *Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft*. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. Gemeinsames Ministerialblatt, 27. Februar 1986, S. 95-202.
- Verkehrslärmschutzverordnung* (16. BImSchV) in der Fassung vom 12. Juni 1990. Abgedruckt in: Freise, R. [Hrsg.] (1998): *Taschenbuch der Eisenbahngesetze*. 12. Auflage. Darmstadt.

Anhang 1

Themenpunkte in der standardisierten Befragung (zu Kap. 2.3)

Bereich A: Verkehr

1. Bestand, Angebot

1.1 ÖV

- Bestand Bahn inkl. Haltepunkte (Netz und Linien)
- Bestand ÖPNV inkl. Haltepunkte (Netz und Linien)
- Fahrplanggestaltung
- Signalanlagen u. Signalzeitenpläne
- Takte / Fahrpläne im ÖV
- Verknüpfungen, Umsteigezeiten, Umsteigehäufigkeiten
- Reisezeiten im ÖV
- Erreichbarkeit im ÖV
- Haltestelleneinzugsbereiche
- Einwohner in Haltestelleneinzugsbereichen
- Haltestellenausstattung, Fahrzeugausrüstung
- Betriebsformen
- Tarifsysteem
- Informationssystem

1.2 Straße/MIV

- Bestand Straße inkl. Klassifikation
- Brücken- u. sonstige Ingenieurbauwerke
- Verkehrsberuhigungsmaßnahmen (Bestand)
- Zulässige Höchstgeschwindigkeiten
- Reisezeiten im MIV
- Erreichbarkeit im MIV

1.3 Rad/Fuß

- Bestand Rad- u. Fußwegenetz (inkl. Querungshilfen)
- Radabstellanlagen
- Mängel Rad- und Fußwegenetz + Abstellanlagen

1.4 Ruhender Verkehr:

- Stellplatzangebot, P+R- und B+R-Flächen

2. Mobilität, Nachfrage

2.1 Allgemeines

- Verflechtungsmatrizen, Anteile Durchgangs-, Quell-, Ziel-, Binnenverkehr
- Pendlerverflechtungen
- Verkehrsmittelwahl, Modal Split (+ Prognose)
- Kfz-/Pkw-Bestand/ Motorisierungsgrad + Prognose
- Grad der Verkehrsmittelwahlfreiheit

2.2 ÖV

- Fahrgastaufkommen im ÖV (Linie/Haltestelle, zeitliche Differenzierung, Differenzierung Bus/Bahn)

2.3 Straße/MIV

- Fahrgeschwindigkeiten MIV
- Verkehrsbelastungen Straße u. Verkehrsprognosen inkl. Lkw-Anteil für Netz
- Knotenpunktbelastungen im Straßenverkehr

2.4 Rad

- Radverkehrsaufkommen

2.5 Ruhender Verkehr

- Parkraumnachfrage: Belegungen, Herkunft der Fahrzeuge

3. Wirkungen von Verkehr

- Lärmemissionen
- Schadstoffemissionen
- Unfälle (gesamt und räumlich differenziert)
- Verkehrskonflikte, Straßenumfeldkonflikte, Gestaltmängel
- Versiegelungen

4. Planungen

- Planungen Bahn inkl. Haltepunkte
- Planungen ÖPNV inkl. Haltepunkte
- Planung Rad- u. Fußwegenetz (inkl. Querungshilfen)
- Planungen Straße (auch: Vorrangnetz vs. Tempo 30)

5. Kosten

- Betriebskosten ÖV
- Betriebskosten Straße (Instandhaltung)
- Erlöse, Nachfrage(Prognose)
- Kosten u. Finanzierung von Planungen

6. Sonstiges

- Baustoffe u. Mengen
- Entwässerung
- Verkehrszellen

Bereich B: Umwelt

- Artenvorkommen, -schutz u. -verminderung (Flora, Fauna)
- Beeinträchtigungen d. Landschaftsbildes
- Bodenarten, Bodentypen
- Feuchtgebiete
- Flächenverbrauch u. Flächen mit erschwelter Bewirtschaftbarkeit
- Grundwasser, -spiegeländerungen
- Hochwasser, Überschwemmungsbereiche
- Land- u. forstwirtschaftliche Flächen
- Lärm(-schutz), -immissionen
- Lärminderungspläne
- Luftfeuchtigkeit
- Luftschadstoffe u. -ausbreitung (Verkehr), Immissionen
- Luftschadstoffe u. -ausbreitung (Hintergrundbelastung), Immissionen
- Naturdenkmale
- Naturschutzgebiete
- Rohstoffabbauflächen
- Schutzwürdige Erholungsflächen
- Schutzwürdige Flächen u. Biotope
- Tausalz
- Temperaturen
- Wald, -ränder, Abstandsflächen

- Wärmeinseln, Klimatische Beeinträchtigungen, Wärmeatlas
- Wasserschutzgebiete
- Wind
- Zerschneidungswirkungen
- Zerstörung v. Landschaftselementen

Bereich C: Eisenbahn / Reaktivierung

- Anknüpfung zu bestehendem Bahnnetz
- Ausbaupläne
- Betriebswirtschaftliche Kalkulation (Kosten Fahrweg, Personal, Fahrzeuge, Nachfrageschätzung, Kostenminderung Parallelverkehr)
- Gesamtwirtschaftliche Kalkulation (Reisezeitnutzen, gesparte Betriebskosten Straße/MIV, Minderung Abgase, Lärm, Unfälle)
- Haltepunkte: Zustand und Lage
- Historisches Bahnnetz
- Parallelverkehr Nachfrage / Fahrgäste
- Parallelverkehr ÖV Bestand, ggf. Planung
- Streckenbelegung
- Trasse: Hindernisse
- Trasse: Zustand (inkl. Ingenieurbauwerke, Übergänge, Lärmschutz, Signaltechnik, Stationen, Tunnels, Überholbahnhöfe)
- Vertaktung, Verknüpfung, Fahrplanbindungen

- Zielvorgaben (Mindestbedienung nach ITF, Verkehrszeiten, Takt)

Bereich D: Städtebau / Flächennutzung

- Bauflächenkapazität (⇒ zur Prognose Bevölkerung + Beschäftigte)
- Einrichtungen der technischen Infrastruktur (Kanäle, Elektroversorgung, Telekom, Abwasserbehandlungsanlagen etc.)
- Gewerbegebiete, besondere Betriebe
- Militärische Sperrgebiete
- Öffentliche Einrichtungen mit bes. Schutzwürdigkeit (Kindergärten, Spielplätze, Schulen, Krankenhäuser, Alteinrichtungen, Kureinrichtungen)
- Siedlungsflächen u. Flächennutzung (Wohnen, Freiflächen, Zentren/Kernnutzung, Freizeit/Sport, Kulturzentren; Entwicklungsachsen, Zentrale Orte)
- Sonstige bes. Einrichtungen
- Straßenumfeld, angrenzende Nutzungen
- Städtebauliche Belange, Straßenraumgestalt
- Strukturdaten (Bevölkerung, Altersstruktur, Dichte, Arbeitsplätze/Beschäftigte nach Sektoren, Erwerbstätige, SchülerInnen) + Prognose

VSS-Steuerungstabellen (zu Tabelle 6)

Knoten-Durchfahrts-Typen

- 00 nicht definiert
- 01 Geradeausfahrt bei Lichtsignalsteuerung
- 02 Rechtsabbiegen bei Lichtsignalsteuerung
- 03 Linksabbiegen bei Lichtsignalsteuerung
- 04 Geradeausfahrt auf einer vorfahrtsberechtigten Straße
Rechtsabbiegen von einer vorfahrtsberechtigten Straße
- 05 Linksabbiegen von einer vorfahrtsberechtigten Straße
- 06 Rechtseinbiegen in eine vorfahrtsberechtigten Straße
- 07 Queren einer vorfahrtsberechtigten Straße
Linkseinbiegen in eine vorfahrtsberechtigten Straße
- 08 Knotendurchfahrt bei koordinierter Steuerung (const = 10 Sek.)
- 18 Knotendurchfahrt bei koordinierter Steuerung (wie 1 - 12 Sek.)
- 09 Einfädeln bei niveaufreier Knotenausbildung
- 10 Kreisel, wenn er als vierarmiger Knoten abgebildet wird (wie 69)
- 98 CAP nennt die maximale Durchflussmenge aller Spuren [Kfz/*h]
- 99 CAP nennt die feste Durchfahrtszeit [sec]

LICHTSIGNALREGELUNG

- 11 Linksabbieger (wie 3)

- 12 Geradeausfahrer (wie 1)
- 13 Rechtsabbieger (wie 2)

Zufahrt auf einer VORFAHRTSSTRASSE

- 21 Linksabbieger (wie 5)
- 22 Geradeausfahrer (wie 4)
- 23 Rechtsabbieger (wie 4) mit 2 Sekunden für Fußgänger

Zufahrt aus einer NEBENSTRASSE

- 31 Linkseinbieger (exaktere Konfliktstromermittlung als 7)
- 32 Geradeausfahrer (Kreuzen) (wie 7)
- 33 Rechtseinbieger (wie 6)

RECHTS-VOR-LINKS

- 41 Linksabbieger (neue Konfliktströme)
- 42 Geradeausfahrer (neue Konfliktströme)
- 43 Rechtsabbieger (wie 4) mit 2 Sekunden für Fußgänger

Zufahrt auf VORFAHRTSSTRASSE bei nach LINKS abknickender Vorfahrt

- 60 Linksabbieger (-) bleibt auf Vorfahrtsstraße
- 60 Geradeausfahrer (-) biegt rechts ab in die Nebenstraße
- 60 Rechtsabbieger (-) biegt rechts ab in die Nebenstraße

**Zufahrt auf VORFAHRTSSTRASSE bei
nach RECHTS abknickender Vorfahrt**

- 61 Linksabbieger (3lg) biegt links ab in die Nebenstraße
62 Geradeausfahrer (3lgr) biegt links ab in die Nebenstraße
63 Rechtsabbieger (4) bleibt auf Vorfahrtsstraße
Zufahrt aus Nebenstraße mit 2. Nebenstraße links daneben
64 Linksabbieger (2lgr 3lg(r)) nach links in die Nebenstraße
65 Geradeausfahrer (2l 3lgr) geradeaus in die Vorfahrtsstraße

- 66 Rechtsabbieger (2l) nach rechts in die Vorfahrtsstraße

**Zufahrt aus Nebenstraße mit 2. Nebenstraße
(RvL) rechts daneben**

- 67 Linksabbieger (1lg 2gr 3lg) nach links in die Vorfahrtsstraße
68 Geradeausfahrer (1lg 2l 3lgr) geradeaus in die Vorfahrtsstraße
69 Rechtsabbieger (1lg 2l) nach rechts in die Nebenstraße

[Quelle: HHS, 2000]

**Strecken-Typen
(Parameter der Restraintfunktionen)**

Typ	Spuren	V0	VP	CP	CM
0	4 3 2 1	-	-	-	-
1	4 3	120	90	950	1844
2	2	110	80	800	1952
3	4 3	100	75	1150	1730
4	4 3 2	90	60	1350	1607
5	4 3 2	80	50	1400	1578
6	2 1	70	45	900	2000
7	2	70	50	1125	1437
8	1	60	40	750	1800
9	4	60	40	1300	1443
10	3	60	40	1250	1441
11	2	60	40	1125	1411
12	1	50	30	750	1537
13	4	50	30	1325	1381
14	3	50	30	1270	1337
15	2	50	30	1125	1350
16	1	40	20	750	1050
17	3	40	20	1200	1500
18	2	40	20	1050	1350
19	1	30	20	600	900
20	3	30	20	1200	1500
21	2	30	20	1050	1350
22	1	20	20	600	900
23	4	40	20	1300	1600
24	3	30	20	1275	1575
25	1	30	20	250	550
26	1	30	20	400	700
27	1	50	36	750	1417
28	1	40	26	650	1050
29	Rheinfähre	15	12	75	100
30		18	12	100	125
31		80	55	1400	2458
32		40	30	400	529
33	3 2	130	100	1400	1650
34	3 2	110	80	1400	2000
41	1	30	20	600	900
51	(Rad) 1	15	13	400	420
52	(Rad) 1	15	13	300	315
53	(Rad) 1	15	13	200	210
54	(Rad) 1	18	13	400	420

Typ	Spuren	V0	VP	CP	CM
55	(Rad) 1	16	13	300	315
71	3	120	90	950	1844
72	2	110	80	800	1952
73	3	90	75	1150	1730
74	2	70	60	1350	1607
75	1	70	45	900	2000
76	3	50	40	1300	1450
80	2	50	40	1250	1441
81	2	50	40	1125	1411
82	2	50	30	750	1537
83	2	50	30	750	1350
84	1	50	30	750	1050

Typ Streckentypnummer
Spuren gängige Spurenzahl/Richtung
V0 Geschwindigkeit [km/h] bei Nullbelastung
VP praktische Geschwindigkeit [km/h] bei CP
CP praktische Kapazität [PKW-E/Spur*h]
CM mögliche Kapazität [PKW-E/Spur*h] bei VM = 12 [km/h]

[Quelle: HHS, 2000]

Verwendete Hard- und Software bei der Implementierung des VuGIS-Prototypen

Hardware

- AMD Athlon XP 1800+
- 512 MB RAM
- 80 GB Festplatte

Software

- Windows 2000
- MS-DOS Version Windows 2000 5.00.2195
- JDK Version 1.4
- Oracle Version 8.1
- ArcInfo Workstation Version 8.1
- VSS Version Nov. 2000
- Rastermodul Umwelt Version Juli 2002

Zusätzliche Java-Klassenbibliotheken

- ArcInfo Open Development Environment for Java (ode.jar)
- JDBC Database Access (classes12.zip, jndi.zip, jta.zip)
- Vugis-Klassenbibliothek (vugis.jar)

Anhang 2

Übersicht der Technical Notes des VuGIS-Projekts

- Gerding, G.; Kuhn, W. (2002): *A Functional Approach to a Wrapper – Mediator Architecture*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Klien, E.; Lutz, M. (2001): *Der Projektmanager*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Lutz, M. (2002): *Die VuGIS-Wissensbasis*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Möltgen, J. (2000a): *Metapher-Entwicklung und Task Analysis*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Möltgen, J. (2000b): *Metaphern Analyse und Task Analysis*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Overkämping, B. (2001a): *IT-Unterstützung in der Verkehrsplanung. Methodenerläuterung zur Anfertigung der UMTs und STMs*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Overkämping, B. (2001b): *User Task und System Task Modelle*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Rüther, Chr. (2000a): *Repräsentation und Entwicklungsprozess der VUGIS-Systemarchitektur*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Rüther, Chr. (2000b): *Vorstellung einer idealen Systemarchitektur*. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Scheiner, J. (2000a): *Verkehrsplanerische Prozesse und Entscheidungsstrukturen*. Dortmund: Fachgebiet für Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2000b): *Planfeststellungsverfahren*. Dortmund: Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2000c): *Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung*. Dortmund: Fachgebiet für Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2001a): *Standards in Bewertungsverfahren*. Dortmund: Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2001b): *Maßnahmentypen in der Verkehrsplanung*. Dortmund: Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Scheiner, J. (2002): *Akteure in der Verkehrsplanung*. Dortmund: Fachgebiet für Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Schürmann, C. (2000a): *Datenspezifikationen und Datenanforderungen*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Schürmann, C. (2002): *Datenlieferungen und Anmerkungen*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.

- Schürmann, C.; Klien, E.; Lutz, M.; Möltgen, J. (2000): *Evaluierung und Festlegung eines geeigneten GIS für die Entwicklung des VuGIS-Prototypen*. Dortmund und Münster: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund und Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Schürmann, C.; Scheiner, J. (2000): *Layout für den Fragebogen*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD) und Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund.
- Schürmann, C.; Schwarze, B. (2002): *Schnittstellen zwischen VSS, ArcGIS und dem Rastermodul*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Schwarze, B. (2002): *Implementierung der VSS-Steuerungsdateien*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.
- Schwarze, B.; Schürmann, C. (2001): *Einbindung des Verkehrsmodell VSS in das VuGIS-Gesamtsystem*. Dortmund: Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund.

Übersicht der Präsentationen und Vorträge des VuGIS-Projekts

- Bals, M.; Möltgen, J.; Rüter, Chr.; Scheiner, J.; Schürmann, C. (2001): *VUGIS: Verkehrs-, Umwelt- und Geoinformationssystem*. 15. Februar 2001, CORP 2001, Wien.
- Gerding, G.; Klien, E.; Lutz, M.; Möltgen, J.; Scheiner, J.; Schürmann, C.; Schwarze, B. (2002): *Integration von GIS, Verkehrs- und Umweltmodellen für eine nachhaltigere Verkehrsplanung im VuGIS-Projekt*. 20. Juni 2002, Münsteraner GI-Tage zu GI-Technologien für Verkehr und Logistik, Münster.
- Gerding, G.; Rüter, Chr.; Kuhn, W. (2000): *Advantages of using Functional Languages in specifying GIS Operations*. WFLP, Benicassim (Spanien).
- Lutz, M.; Möltgen, J.; Kuhn, W. (2002): *Ontologien zur Spezifikation von Informationssystemen für Verkehrsplaner*. 1. März 2002, CORP 2002, Wien.
- Möltgen, J.; Kuhn, W. (2000): *Task Analysis in Transportation Planning for User Interface Metaphor Design*. Association Geographic Information Laboratories Europe (AGILE 2000), Helsinki.
- Möltgen, J.; Schürmann, C. (2001): *GIS-based Transport Infrastructure Planning and Evaluation*. 22. Juli 2001, 9. World Conference on Transport Research (WCTR), Seoul.
- Overkämping, B.; Rüter, Chr. (2001): *Modellierung von Erreichbarkeit in GIS – Optimierung der Haltestellenplanung im ÖPNV*. 15. Februar 2001, CORP2001, Wien.
- Rüter, Chr. (2000): *Bridging the Gap between Data Ontologies and Process Ontologies*. Euro Conference on Ontology and Epistemology for Spatial Data Standards 2000 (EURESCO), 22-27 September 2000, La Londe-les-Maures.
- Rüter, Chr.; Kuhn, W.; Bishr, Y. (2000): *An Algebraic Description of a Common Ontology for ATKIS and GDF*. Association Geographic Information Laboratories Europe (AGILE 2000), Helsinki.
- Rüter, Chr. (2001): *Ontologien und Semantic Translation*. Geoinformatik-Forum, 6. Februar 2001, Münster.

Übersicht der Veröffentlichungen des VuGIS-Projekts

- Bals, M.; Möltgen, J., Rütger, Chr., Scheiner, J., Schürmann, C. (2001): *VuGIS - Verkehrs-, Umwelt und Geoinformationssystem*. In: Schrenk, M. [Hrsg.]: CORP – 6th Symposium on information technology in urban and spatial planning and impacts of it on physical space. Band 2. Wien: Technische Universität Wien.
- Gerding, G.; Klien, E.; Lutz, M.; Möltgen, J.; Scheiner, J.; Schürmann, C.; Schwarze, B. (2002): *Integration von GIS, Verkehrs- und Umweltmodellen für eine nachhaltigere Verkehrsplanung im VuGIS-Projekt*. In: Möltgen, J. und Wytzisk, A. [Hrsg.]: GI-Technologien für Verkehr und Logistik. Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen. IfGIprints 13. Münster: Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Gerding, G.; Kuhn, W. (2003): *A Functional Approach to a Wrapper – Mediator Architecture*. (zur Veröffentlichung in einer Zeitschrift eingereicht).
- Gerding, G.; Rütger, Chr.; Kuhn, W. (2000): *Advantages of using Functional Languages in specifying GIS Operations*. In: Alpuente, M. [Hrsg.]: Functional and Logic Programming, Ninth International Workshop, WFLP 2000, Benicàssim (Spain): Universidad Politècnica de Valencia.
- Lutz, M.; Möltgen, J.; Kuhn, W. (2002): *Ontologien zur Spezifikation von Informationssystemen für Verkehrsplaner*. In: Schrenk, M. [Hrsg.]: CORP – 7th Symposium on information technology in urban and spatial planning and impacts of it on physical space. Band 1. Wien: Technische Universität Wien.
- Möltgen, J.; Schürmann, C. (2001): *GIS-based Transport Infrastructure Planning and Evaluation*. In: WCTR Society [Hrsg.]: WCTR 2001 Proceedings. Seoul: WCTR Society.
- Overkämping, B.; Rütger, Chr. (2001): *Modellierung von Erreichbarkeit in GIS-Optimierung der Haltestellenplanung im ÖPNV*. In: Schrenk, M. [Hrsg.]: CORP – 6th Symposium on information technology in urban and spatial planning and impacts of it on physical space. Band 2. Wien: Technische Universität Wien.

Übersicht der Diplomarbeiten und Dissertationen im Kontext des VuGIS-Projekts

- Gerding, G. (2003): *A Functional Approach to a Wrapper – Mediator Architecture*. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Hischer, F. (voraus. 2003): *Nutzbarkeitsanalyse von Metaphern für Verkehrsplaner*. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Lutz, M. (2001): *Ontologien für die Eingriffsregelung. Modellierung eines Verfahrens zur Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft und prototypische Umsetzung in einem Informationssystem für Verkehrsplaner*. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Möltgen, J. (voraus. 2003): *Metapherentwicklung für Verkehrsplanungs-Software*. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Overkämping, B. (2001): *Modellierung von Erreichbarkeit in GIS - Optimierung der Haltestellenplanung im ÖPNV*. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

- Stirnberg, M. (2002): *Lageoptimierung von Haltestellen durch den Einsatz von GIS*. Diplomarbeit, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Schwarze, B. (2002): *Erreichbarkeit mit dem ÖPNV – Eine GIS-gestützte Analyse zur Ermittlung der Erschließungs- und Verbindungsqualität des ÖPNV*. Diplomarbeit, Universität Dortmund.
- Talaat, A. (voraus. 2003): *A spatial Decision Support System for the Route Alignment Planning using GIS Techniques*. Dissertation, Universität Dortmund.

Auflistung der MitarbeiterInnen des VuGIS-Projekts

Dipl.-Geogr. Stephanie Arens	Institut für Geographie (IfG), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Dipl.-Geogr. Marcus Bals	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Dipl.-Landsch.-Ökol. Carsten Dewey	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Prof. Dr. Ulrike Grabski-Kieron	Institut für Geographie (IfG), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Prof. Dr.-Ing. Christian Holz-Rau	Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung (VPL), Universität Dortmund
Prof. Dr. Werner Kuhn	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Dipl.-Ing. Meinhard Lemke	Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund
Dipl.-Landsch.-Ökol. Michael Lutz	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Dipl.-Geogr. Jörn Möltgen	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Dipl.-Geogr. Beate Overkämping	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Dipl.-Geogr. Chr. Rüter	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Dr. Joachim Scheiner	Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung (VPL), Universität Dortmund
Dipl.-Ing. Carsten Schürmann	Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund
Dipl.-Ing. Björn Schwarze	Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund
Dipl.-Ing. Klaus Spiekermann	Spiekermann & Wegener Stadt- und Regionalforschung (S&W)
Prof. Dr.-Ing. Michael Wegener	Institut für Raumplanung (IRPUD), Universität Dortmund

Dipl.-Landsch.-Ökol. Marion Wilde	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
<i>sowie</i>	
Guido Gerding	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Eva Klien	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Sven Schade	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Marc Lucas Schulten	Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung (VPL), Universität Dortmund
Thorsten Wilmes	Institut für Geoinformatik (IfGI), Westfälische Wilhelms-Universität Münster