

Kapitel 8

Diskussion

Im folgenden werden verschiedene Aspekte der untersuchten Thematik erörtert. Nach einer kurzen Betrachtung der Möglichkeiten und Grenzen von Geo-Informationssystemen in der Planung (Kap. 8.1), werden in Kap. 8.2 die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Analyseverfahren näher beleuchtet. Die Bewertungsproblematik im allgemeinen sowie die Vor- und Nachteile der hier angewandten formalisierten Bewertungsverfahren werden in Kap. 8.3 erläutert. Kap. 8.4 diskutiert die Indikatoren, die teilweise in ihrer Definition von der sonst üblichen abweichen. Kap. 8.5 beschreibt die Situation in der Region Stuttgart im Hinblick auf die drei wichtigen Belastungsarten: Flächenzerschneidung, Luftschadstoff- und Lärmbelastung. Die Planungsrelevanz, der im Zuge der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse für verschiedene Planungsbereiche wird schließlich in Kap. 8.6 diskutiert.

8.1 Planung und Informationsverarbeitung

Landschaftsplanung ist, im Gegensatz zum technischen Umweltschutz, raumbezogene Umweltvorsorgeplanung und vertritt, als Fachplanung des Naturschutzes und der Landschaftspflege, die Sicherung und Entwicklung der Naturfunktionen. Es handelt sich dabei um eine übergreifende Planungsaufgabe mit hohem querschnittsorientiertem Informationsbedarf. Landschaftsplanung muß sich mit den Auswirkungen sämtlicher Raumnutzungen auf Natur und Landschaft auseinandersetzen, bestehende und beabsichtigte Nutzungen und Eingriffe auf ihre Verträglichkeit prüfen und daraus Vorstellungen zum Schutz, zur Sanierung und Gestaltung entwickeln. Das Ziel ist eine optimale Nutzungsverteilung, bei der Raumnutzungen möglichst wenig die Landschaftsstruktur und den -haushalt beeinträchtigen [Buchwald und Engelhardt 1996]. Der Prozess der Informationsverarbeitung erfordert daher ein System, das raumbezogene Daten verarbeiten kann, wie z.B. ein Geo-Informationssystem.

Im Bereich der raumbezogenen Planung gibt es inhaltliche Probleme (nicht zu jedem Schutzgut sind Daten vorhanden), methodische Probleme (die Verknüpfung der Daten) sowie Verwaltungsprobleme (Umweltministerien, -ämter sind sektoral gegliedert, die Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen gestaltet sich aufgrund der Konkurrenzsituation z.T. schwierig) [Dollinger 1996], [Jäger 1997a]. Nach [Happe und Mücke 1995] könnten aber insbesondere routinemäßige umweltrelevante Prüfvorgänge im Bebauungsplan- und Baugenehmigungsverfahren sowie Planfeststellungsverfahren durch ein Umweltinformationssystem, das relevante Planungsdaten enthält, erleichtert werden und darüber hinaus deren Ergebnisse transparenter machen.

Die Verwendung von Geo-Informationssystemen zur Ausführung ökologischer Bewertungsverfahren besitzt folgende Vorteile:

- Die Überprüfung verschiedener Varianten im Planungsprozess. Dies betrifft sowohl den Vergleich von Resultaten bei Anwendung unterschiedlicher Bewertungsverfahren, als auch das Generieren von zusätzlichen Alternativen.
- Die Anwendung quantitativer Bewertungsverfahren mit hohem Rechenaufwand.
- Die Verwendung einer größeren Anzahl von Indikatoren, die als Kriterien in das Bewertungsverfahren eingehen.

- Die Ableitung zusätzlicher Indikatoren, da der Raumbezug zusätzliche Analysen ermöglicht und sich dadurch neue Informationen generieren lassen (z.B. Aussagen zur Verteilung von Biotopen).

Jeder Anwender von Geo-Informationssystemen sollte sich aber auch über deren Nachteile und Gefahren im klaren sein. Dazu zählen beispielsweise der hohe Aufwand für die Datenerfassung, die unsachgemäße Anwendung von Verfahren durch "Nicht-Experten" oder die Bevorzugung quantitativer Kriterien. Letztere ist häufig durch die Schwierigkeit der Berücksichtigung qualitativer Kriterien in einem formalisierten Bewertungsverfahren bedingt. Die leichte Veränderbarkeit von Bewertungsvorgängen ist zunächst als Vorteil zu werten (s.o.), durch Manipulation kann das Ergebnis jedoch so lange verändert werden, bis das gewünschte Resultat erzielt ist. Durch die qualitativ hochwertigen graphischen Ausgabemöglichkeiten kann darüber hinaus die Aufmerksamkeit von weniger gut visualisierbaren Sachverhalten abgezogen werden. Eine Gefahr liegt auch in der "Objektivierung" der Planung durch Automatisierung. Ein Bewertungsergebnis sollte immer als Diskussionsgrundlage und nicht als Endresultat verstanden werden. Mit den mit Hilfe des Werkzeugs GIS erzielten Ergebnissen, muß demnach verantwortungsvoll umgegangen werden. Weitere Möglichkeiten und Grenzen eines Geo-Informationssystems zeigt Tab. 8.1.

Tabelle 8.1: Einsatzmöglichkeiten eines GIS - nach [Bartelme 1995]

Was ein GIS kann:	<ul style="list-style-type: none"> • Schnell und mit Graphikunterstützung Sachverhalte verdeutlichen. • Varianten aufzeigen und diese durch Variation der Visualisierung unterschiedlich hervorheben und somit Vergleiche erleichtern. • Die Argumentation unterstützen und nachvollziehbar machen. • Interdisziplinäre Arbeit herausfordern.
Was ein GIS nicht kann:	<ul style="list-style-type: none"> • Dem Anwender die Problemdefinition abnehmen. • Die Eignung des gewählten Daten- und Ablaufmodells gewährleisten. • Die Sinnhaftigkeit der Ergebnisse garantieren. • Den Nutzer von einer zwar theoretisch richtigen, aber im aktuellen Umfeld zu teuren oder zu komplizierten Operation abhalten.

8.2 Diskussion der Methoden

In den letzten Jahren gab es verschiedene Ansätze, die analytischen Fähigkeiten eines Geo-Informationssystems für die Planung verstärkt zu nutzen. Diese lassen sich nach ihrer Entwicklungsumgebung unterscheiden. Zu den Eigenentwicklungen unter UNIX gehört EXCEPT/GIS (Expert system for Computer-aided Environmental Planning Tasks), ein Versuch einer allgemeingültigen Repräsentation verschiedener Bewertungsmethoden. Dabei wurden zwei Typen von Bewertungsschritten innerhalb des Expertensystems EXCEPT, einem IBM-Produkt, implementiert. Zum einen handelt es sich um die Bewertung von Einzelkriterien und zum anderen um die Aggregation von Bewertungen. Als Beispiel dienen die verbal-argumentative Bewertung, die Nutzwertanalyse der zweiten Generation und die ökologische Risikoanalyse. Diese Methodenbank wurde zur flächenscharfen Präsentation der Ergebniswerte mit einem GIS gekoppelt [Wachter-Harms und Wendholdt 1995]. Eine andere Modell- und Methodenbank wurde durch die Eigenentwicklung "MeMoPlan" (Methoden- und Modellbank für

die raumbezogene Planung) realisiert [Kilchenmann und Schwarz-v. Raumer 1999]. Die Vorgaben bei der Entwicklung von "MeMoPlan" waren: benutzerfreundlich und kostengünstig zu sein, sowie einen universellen Einsatz auf PC unter Windows bei flexibler Methodenauswahl und -parametrisierung zu gewährleisten [Schwarz-v. Raumer 1996], [Schwarz-v. Raumer 1997]. Mit "MeMoPlan" werden vor allem Bewertungsaufgaben unterstützt. Als Methodenklassen wurden Auswahlmethoden, statistische Analysen, mehrkriterielle Bewertungsmethoden (z.B. Verknüpfungsmatrizen, gewichtete Rangsumme, Konkordanzanalyse) und spezielle projektbezogene Methoden implementiert. Es können Bewertungsbäume interaktiv aufgebaut, definiert und archiviert werden. Insbesondere die ersten zwei Methodenklassen, Auswahlmethoden und statistische Analysen, sind aber standardmäßige Methoden, die in jedem GIS angeboten werden. Ebenfalls auf Flowcharts aufgebaut ist die graphische Programmierumgebung von "MapModels" [Riedl und Kalasek 1998]. "MapModels" ist jedoch im Gegensatz zu "MeMoPlan" oder EXCEPT/GIS als Erweiterungsmodul zur Erstellung räumlicher Analysemodelle des Desktop-GIS ArcView¹ programmiert. Dadurch müssen viele benötigte Funktionalitäten nicht extra programmiert werden. Als Methoden dieses rasterbasierten Produkts sind Funktionen der Map-Algebra nach [Tomlin 1990] programmiert.

In der vorliegenden Arbeit lag der Schwerpunkt auf den in einem GIS-Produkt nicht standardmäßig enthaltenen Methoden. Diese Analyse- und Bewertungsmethoden - es handelte sich insbesondere um Methoden zur Ableitung neuer Informationen bzw. Aggregationsmethoden aus dem Repertoire der mehrkriteriellen Bewertungsmethoden - wurden zusätzlich implementiert. Die hier durchgeführte Untersuchung fokussierte die verstärkte Nutzung analytischer Fähigkeiten eines Geoinformationssystems.

8.2.1 GIS-gestützte Analyse

Zur Erfassung der negativen umweltrelevanten Wirkungen auf der regionalen Maßstabebene wurde ein hierarchischer Ansatz gewählt, der für drei verschiedene Bezugsräume Belastungen - hervorgerufen durch den Straßenverkehr - ausweist. Das Untersuchungsgebiet ist jeweils die gesamte Region Stuttgart. Es wurden die Bezugsräume gesamte Region (genannt Typebene), Wassereinzugsgebiet (Objektebene I) und schließlich der an die Straße bzw. Schiene angrenzende Raum (Objektebene II) gewählt.

Die Wahl dreier Bezugsräume soll der unterschiedlichen Aussagekraft der Indikatoren auf den verschiedenen Ebenen gerecht werden. Diese wurden der jeweiligen Handlungsebene angepasst (vgl. Tab. 3.3). Durch die adäquate Wahl des Bezugsraumes ließen sich die unterschiedlichen Wirkungen optimal darstellen. Die großen unzerschnittenen Räume werden beispielsweise auf der Objektebene I nicht gut abgebildet: Dies ist in der unterschiedlichen Abgrenzung zwischen den großen unzerschnittenen Räumen und den Wassereinzugsgebieten begründet. Ein relativ großer unzerschnittener Raum deckt sich im Normalfall nicht mit einem ganzen Wassereinzugsgebiet, sondern befindet sich im Scheitelbereich mehrerer Einzugsgebiete, wie dies beispielsweise beim Schurwald der Fall ist. Dadurch kommt es zu einer Mittelung dieser hochempfindlichen Räume über mehrere Einzugsgebiete. Aus diesem Grund wurden die unzerschnittenen Räume auf der Typebene erstellt.

Zur Darstellung des Zustands der Belastungssituation mußten die für ein SDSS typischen Verfahrensschritte durchlaufen werden (vgl. Abb. 3.1), ohne jedoch den Anspruch zu haben, ein eigenständiges SDSS zu erstellen. Da bereits viele Ansätze der Immissionsberechnung existieren (vgl. auch Kap. 1.4), lag der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Wassereinzugsgebietsebene.

Problemdefinition

Der erste Schritt bei der Bearbeitung eines planerischen Problems ist die Definition und Abgrenzung des Problems. Auf der Typebene kann die Gesamtsituation bezüglich der für die Region wichtigen Faktoren beurteilt werden. Für die Region Stuttgart wurden auf dieser Ebene beispielhaft die Indikatoren "Unzerschnittene Räume" sowie "Freiflächenanteil" berechnet.

¹Eingetragenes Warenzeichen der Firma ESRI, (Environmental Research Institute) Redlands, CA

Zur Strukturierung und Definition der verkehrsbedingten Belastung auf der Objektebene I wurde der in [SSP GmbH 1990] aufgestellte Ansatz erweitert. Die Belastung der Wassereinzugsgebiete durch Verkehr wurde nicht nur über die Qualität und die Zusatzbelastung definiert, sondern zudem als eine Funktion der Vorbelastung. Dadurch war gewährleistet, daß sich die Maßnahmenpriorität, im Gegensatz zu [SSP GmbH 1990], nicht allein aus der Belastung durch den Straßenverkehr ableitet, sondern auch die bereits vorhandene Belastung durch weitere Faktoren (Versiegelung, Gewässerverbauung, Randnutzung) berücksichtigt wurde. Dem Kriterium "Vorbelastung" kommt in der räumlichen Planung bisher lediglich geringe Bedeutung zu [Runge 1998]. Es wird zwar meist berücksichtigt, allerdings ist die Aussagenschärfe über die Intensität von Vorbelastungen nicht selten gering und die zur Vorbelastung erfaßten Daten werden häufig in der Bewertung nicht weiter verwendet. [Runge 1998] führt dies darauf zurück, daß bei der Berücksichtigung von Vorbelastungen eine hohe politische Brisanz erreicht werden kann. Um Mißbrauch vorzubeugen, müssen die in die Vorbelastung eingehenden Beurteilungskriterien und deren weitere Berücksichtigung in der Bewertung transparent dargestellt werden. Die Nachvollziehbarkeit des Verfahrens wurde durch eine Offenlegung der verwendeten Verknüpfungsarten zur Bewertung erzielt (vgl. Kap. 6.4 sow Kap. 8.3.3).

Auf der Objektebene II, also dem unmittelbar an eine Trasse angrenzenden Raum, konnte die Ausbreitung der Belastung durch Luftschadstoffe und Lärm mit dem GIS-Produkt ARC/INFO im Raum dargestellt werden. Weitergehende Aussagen zur kumulativen Belastung durch Luftschadstoffe waren durch die Anwendung einer GIS-Methode (objektstrukturierte Pufferung) möglich. Zudem wurde bei der Bewertung dieser Belastung ein vorsorgeorientierter Ansatz eingeführt.

Datengrundlagen

Die Zunahme des Prozeßverständnisses bezüglich der Eingriffe anthropogener Aktivitäten in die Umwelt verstärkt die Notwendigkeit die Komplexität des Problems per EDV zu erfassen [Beck et al. 1993]. Eine Bewertung eines Bezugsraum von der Größe der Region Stuttgart ist nur mit bereits vorhandenen digitalen Daten und mathematischen Verfahren leistbar. Die Ableitung von Indikatoren muß automatisierbar sein. Daher wurde v.a. mit ATKIS-Daten, die für die Region Stuttgart seit 1997 flächendeckend vorlagen, gearbeitet. Eine weitere Voraussetzung für eine Bewertung verkehrsbedingter Umweltwirkungen war das Vorhandensein eines lagetreuen Verkehrsnetzes, was bis jetzt in der Verkehrsplanung aus Gründen von Rechenleistung und Speicherkapazität (Aspekte, die erst in den letzten Jahren bedeutungslos geworden sind) nicht üblich war. Eine Prognose auf der Grundlage eines lagetreuen Verkehrsnetzes ist aber nicht nur zur Ermittlung der Belastung biotischer und abiotischer Schutzgüter unerlässlich, sondern auch zur Feststellung der Belastung für den Menschen. Nur eine lagetreue Modellierung kann Auskunft darüber geben, ob die Immissionen eines vorhandenen oder geplanten Verkehrsweges ein schutzwürdiges Gebiet (z.B. ökologische Schutzgebiete oder schutzwürdige Siedlungstypen wie Wohngebiete) in unzulässigem Maße erreichen oder nicht.

Analyse

Eine umfassende Analyse ökologischer Kriterien für die Regionalentwicklung erfordert einerseits die Kopplung traditioneller GIS-Techniken mit spezifischen Fachmodellen und andererseits die Anwendung problemspezifischer Bewertungstechniken. Dies bedeutet, daß die Analysekomponente innerhalb eines SDSS mindestens die beiden Teile "Raumbezogene Analyse" und "Bewertung" umfassen sollte. Je nach Problemstellung ist noch eine dritte Komponente erforderlich, nämlich der Einsatz von Modellen und Methoden, die für spezifische Fragestellungen entwickelt wurden.

Alle drei Kategorien mußten im vorliegenden Bewertungsproblem genutzt werden. Innerhalb der raumbezogenen Analyse war überwiegend die Ableitung neuer Information aus bestehenden Datensätzen erforderlich (wie z.B. die Ableitung von Wassereinzugsgebieten, von Räumen gleichen Freiflächenanteils sowie von unzerschnittenen Räumen). Die Werte für die Indikatoren Lage, Randnutzung und Gewässerverbauung konnte nur durch den Einsatz sowohl von geometrischer Analyse als auch von Bewertungstechniken ermittelt werden. Bewertungsverfahren wurden bei der Ermittlung der Emp-

findlichkeit gegenüber verkehrsbedingter Belastung der Region Stuttgart sowie bei der Bestimmung ihrer Vorbelastung, Zusatzbelastung und Gesamtbelastung eingesetzt. Spezifische Fachmodelle lieferten die Daten zur Immissionsbelastung.

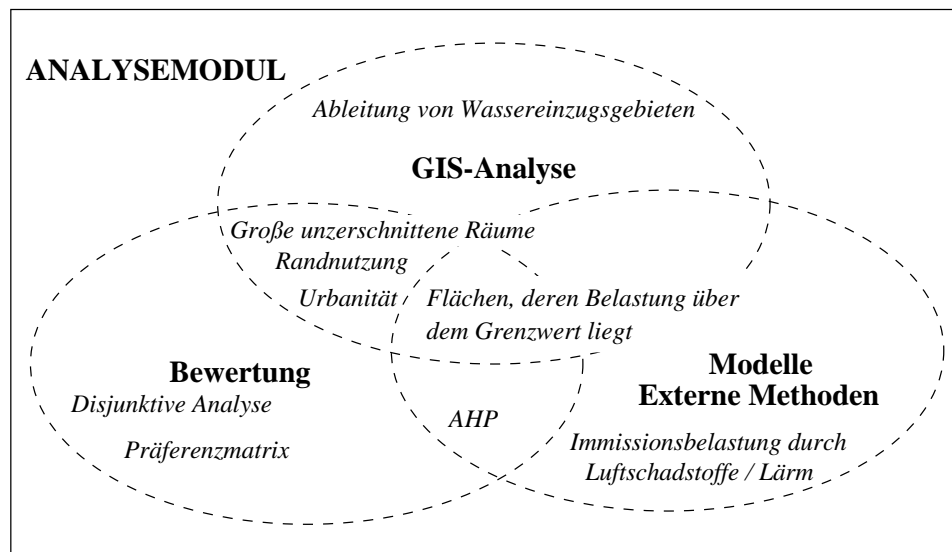


Abbildung 8.1: Komponenten für die Analyse der umweltrelevanten Auswirkungen durch Verkehr

Entscheidungsunterstützende Techniken werden nur in wenigen kommerziellen GIS-Produkten unterstützt, wie z.B. im rasterbasierten GIS-Produkt IDRISI² oder SPANS³. Das hier verwendete GIS-Produkt ARC/INFO mußte daher erweitert werden. Hier wurden verschiedene Ansätze zur Modellierung des Planungsablaufs verfolgt:

1. Ausnutzung des im GIS vorhandenen Analysepotentials durch die
 - Nutzung bestehender Methoden (z.B. Verschneidungen, Pufferung oder statistische Häufigkeitsberechnungen etc.) sowie die
 - Erweiterung um Modellroutinen durch Makroprogrammierung mit der Arc-Macro Language AML (z.B. topologische Analyse zur Berechnung der Querungen Straße/Gewässer).
2. Erweiterung des Analysepotentials durch externe Programmierung (Realisierung der paarweisen Vergleiche des Analytical Hierarchy Process und der Qualitatativen Konkordanzanalyse).

Tabelle 8.2 charakterisiert den verwendeten Bewertungsansatz, der zur räumlichen Differenzierung der Region aufgrund bestehender verkehrsbezogener Umweltbelastungen entwickelt wurde, hinsichtlich technischer und modellierungsbezogener Kriterien.

Präsentation

Die Visualisierung ist von besonderer Relevanz. Sie dient der besseren Vermittlung der Bewertungsergebnisse und ermöglicht darüber hinaus ein besseres Verständnis für die Planungsproblematik [Crossland et al. 1995]. In der vorliegenden Arbeit wurden die Visualisierungsmöglichkeiten vor allem zur Überprüfung der Plausibilität von Bewertungsverfahren verwendet. Dies läßt sich durch eine Karte häufig schneller erreichen, als durch eine Begutachtung der Ergebnistabellen.

²Eingetragenes Warenzeichen von Clark Labs, Clark University, Worcester, Massachusetts

³Eingetragenes Warenzeichen von Tydac Research Inc

Tabelle 8.2: Charakterisierung der Analyse

Kriterium	Beschreibung
Ansatz:	Hierarchischer Bewertungsansatz
Typeebene	Methodenentwicklung zur Ausweisung wichtiger Räume bezüglich der Freiraumqualität bzw. der Zerschneidungssituation für die Region
Objektebene I	Modellentwicklung zur Bewertung von Flächenzerschneidung
Objektebene II	Methodenentwicklung zur Quantifizierung von Immissionsbelastung
Maßstab	Grundlagendaten im Maßstab 1:25.000
Bearbeitungsgebiet	Region Stuttgart: ca. 3654 km ²
Bezugsräume	Gesamter Untersuchungsraum / Wassereinzugsgebiet / Straßen- bzw. Schienenraum
Datenmodell (Vektor/Raster)	Ableitung der Wassereinzugsgebiete im Rasterformat (1839 x 1296 Zellen), ansonsten Vektorformat
Technische Realisierung der Analyse	GIS-Methoden / Eigenprogrammierung in AML oder C

8.2.2 Ableitung neuer Informationen aus bestehenden raumbezogenen Datensätzen

Die GIS-Analyse steht meistens an erster Stelle im Analyseablauf, da es dabei entweder um die Definition des Untersuchungsgebietes, die Bestimmung von Bezugsräumen (Stichwort Regionalisierung) oder die Ableitung von Indikatoren mit Raumbezug geht. Die auf der Typebene entwickelten Analyseverfahren zur Bestimmung der Indikatoren bezüglich Freiflächen bzw. unzerschnittener Räume stellen Indikatoren mit Raumbezug dar. Ebenfalls durch GIS-Analyse wurden die Bezugsräume für die Objektebene I (Wassereinzugsgebiete) abgeleitet. In allen Fällen wurden digital vorhandene Datensätze genutzt, um neue Informationen zu erstellen. Seitdem es immer mehr Daten in digitaler Form gibt, wird die Anforderung, aus bestehenden Datensätzen neue Informationen zu extrahieren, immer dringlicher. In den letzten Jahren hat sich dafür ein neuer Begriff etabliert, nämlich "spatial data mining". Data Mining bietet analytische Techniken, um die immer größer werdenden Datenbanken effizient nach Informationen zu durchsuchen.

"Spatial data mining, or knowledge discovery in spatial database, refers to the extraction on implicit knowledge, spatial relations, or other patterns not explicitly stored in spatial databases" [Koperski und Han 1995].

Man kann dabei zwei Bereiche unterscheiden: Zum einen können Informationen abgeleitet werden, die man ansonsten im Gelände kartieren müßte (Primärinformation). Hierzu gehören beispielsweise die Ermittlung der Exposition oder Hangneigung oder die Generierung eines Fließgewässernetzes aus dem DHM. Zum anderen können Informationen erstellt werden, die sich im Gelände nicht erfassen lassen (Sekundärinformation). Hierfür werden die Analysefunktionen eines GIS, wie z.B. Verschneidung, Polygonisierung oder Rasteranalysefunktionen (Filterverfahren, etc.), benötigt. Folgende Informationen wurden in der vorliegenden Arbeit aus ATKIS-Daten⁴ bzw. dem DHM extrahiert:

⁴Zwar war zur Ableitung der Indikatoren, die ein Straßennetz als Grundlage benötigten, das im Projekt WUMS verwendete Straßennetz die Datengrundlage, prinzipiell ist es aber auch möglich, das Straßennetz aus ATKIS zu verwenden.

Ableitung von Primärinformation:

- Wassereinzugsgebiete
Mit Hilfe eines DHM können Gewässernetz, Fließrichtung und schließlich Wassereinzugsgebiete einer bestimmten Ordnung abgeleitet werden (vgl. Abb. 6.3). Die Ordnung der Wassereinzugsgebiete wird durch die Zellengröße des DHM limitiert. Bei einem relativ grobmaschigem DHM, wie das von Baden-Württemberg (50 m x 50 m) sollte davon abgesehen werden, ein externes Gewässernetz zu verwenden, da die Wahrscheinlichkeit, daß die Tiefenlinien des DHM und das Gewässernetz sich nicht decken, recht hoch ist. Dies war auch beim ATKIS-Gewässernetz der Fall, weshalb das Gewässernetz aus dem DHM abgeleitet wurde. Eine ausführliche Darstellung der Modelle und Algorithmen für die Extraktion geomorphologischer und hydrologischer Objekte aus digitalen Geländemodellen findet man bei [Brändli 1997].
- Randstreifennutzung
Die Randstreifennutzung wurde über typische GIS-Operationen wie Pufferung und Verschneidung ermittelt.
- Anlageindikator
In die Berechnung des Anlageindikators gingen drei Parameter ein: die Anzahl der Querungen Straße/Gewässer, das Verhältnis Länge Gewässerabschnitt zu Länge Streckenabschnitt sowie die Breite des Streckenabschnitts. Während der letzte Parameter als Attribut in ATKIS vorliegt, und das Verhältnis Länge Gewässerabschnitt zu Länge Streckenabschnitt leicht berechnet werden kann, war zur Ableitung der Anzahl der Querungen Straße/Gewässer eine topologische Analyse notwendig (vgl. Abb. 6.17 und 6.18).

Ableitung von Sekundärinformation:

- Unzerschnittene Räume
Unzerschnittene Räume können aus Straßen- und Schienennetzdaten durch Polygonisierung leicht ermittelt werden. Eine für Baden-Württemberg vorgenommene Analyse der unzerschnittenen Räume (UZR) zeigte, daß sich die größten UZR der Region Stuttgart in der Klasse 8 - 16 km² befinden (Karte 35 in [ILPÖ 1996]). Daher kann man für die Region Stuttgart eine Flächengröße von > 7 km² als großen unzerschnittenen Raum (GUZR) definieren. Die Abgrenzung erfolgte über die Klassifizierung der Straßen. Im Gegensatz zur Methode von [Lassen 1979] wurden auch als Gemeindestraßen klassifizierte Straßen zur Abgrenzung herangezogen. Die Abgrenzung nach [Lassen 1979], die im Hinblick auf ruhige Erholung bzw. sanften Tourismus vorgenommen wurde, unterschied zudem nach dem DTV-Wert. Darauf wurde hier verzichtet, da eine bestehende Straße dieser Größe immer Zerschneidungseffekte hervorruft (vgl. Abb. 1.1). Große unzerschnittene Räume dienen auch als Potential für die Sicherung des Artenbestands einer Region, so daß bereits die Anlage einer Straße unabhängig von ihrer Nutzung eine massive Störung darstellt (Kap. 1.3 und Abb. 1.2).
- Räume gleichen Freiflächenanteils
Mit Hilfe der in ATKIS enthaltenen Objektarten, die entweder der Klasse Siedlung oder der Klasse Freifläche zugeordnet wurden, konnten der Freiflächenanteil für die Zellen eines 1 km²-Rasters berechnet werden. Ein Filterverfahren und eine anschließende Polygonisierung und Klasseneinteilung erzeugte ein charakteristisches Muster für die Region Stuttgart bezüglich des Freiflächenanteils. Dieser letzte Schritt bietet den Vorteil, daß für einzelne Räume nun bestimmte Handlungsrichtlinien aufgestellt werden können, wie z.B. Erhöhung des Freiflächenanteils oder Schutz des bestehenden Freiflächenanteils.
- Raumkategorie
Aus den oben erläuterten unzerschnittenen Räumen läßt sich ein Indikator zur Raumkategorie

(urban, suburban, ländlich) über die prozentuale Verteilung der Klassenanteile ableiten. Dadurch ist eine Differenzierung eines Raumes hinsichtlich seiner Urbanität möglich. Die Größe eines Bezugsraumes ist dabei entscheidend für seine Einstufung. Für die Region Stuttgart wurde als Bezugsraum das Wassereinzugsgebiet gewählt, da sowohl die Verwaltungsgrenzen der Kreise als auch die Naturraumgrenzen zu grob erschienen, um die Verteilung mit der als notwendig befundenen Auflösung bestimmen zu können. Als weiterer möglicher Bezugsraum wäre die Gemeindeebene denkbar gewesen. Dies hätte aber bedeutet, daß neben den drei Stufen Typebene, Objektebene I und Objektebene II eine weitere Hierarchieebene bestanden hätte, die berücksichtigt werden müßte. Eine andere Möglichkeit bestünde darin, den auf Gemeindeebene erfaßten Indikator über eine Klassifikation auf den Bezugsraum Wassereinzugsgebiet zu bringen. Eine direkte Ableitung für den gewünschten Bezugsraum erschien dabei aber sinnvoller.

- **Schadstoffimmissionen**

Eine Flächenbilanz der Schadstoffbelastung zu beiden Seiten der Straße konnte durch eine Pufferung (bzw. bei Lärm durch eine Selektion) mit den in Fachmodellen berechneten Ausbreitungswerten erstellt werden. Zur Berücksichtigung der kumulativen Schadstoffbelastung (Die kumulative Belastung ist im Lärmmodell RLS-90 bereits integriert, im Merkblatt für Luftverunreinigungen MLuS-92 dagegen nicht) wurde eine objektstrukturierte Pufferung vorgenommen. Durch eine Pufferung jedes einzelnen Streckenabschnitts konnte über die Anzahl der Überlagerungen eine Aussage hinsichtlich der Belastung durch kumulative Effekte gemacht werden. Dadurch war eine räumliche Differenzierung innerhalb des Belastungsbands möglich.

Auch die Regionalisierung der Einzelindikatoren auf die Bezugseinheit Wassereinzugsgebiet stellt eine sekundäre Information dar. Der Indikator Gewässerverbauung wurde direkt aus ATKIS extrahiert. Zur Integration verdolter Strecken (die im ATKIS-Gewässernetz nicht explizit ausgewiesen sind), wäre die Information der Fließrichtung notwendig gewesen, die aber in ATKIS nicht immer korrekt erfaßt wurde (vgl. auch Kap. 6.4.3). Um wiederum die Fließrichtung mit Hilfe eines DHMs extrahieren zu können, wäre ein besser aufgelöstes Höhenmodell vonnöten gewesen (s.o.).

Sowohl beim Betriebsindikator als auch bei der Belastungsberechnung durch Luft und Lärm waren neben den ATKIS-Daten noch zusätzliche Daten notwendig. Der Betriebsindikator stellt eine multiplikative Verknüpfung von DTV-Werten und der Länge des Streckenabschnitts dar. Bei der Belastung durch Luft und Lärm wurde eine Pufferberechnung durchgeführt, um eine Flächenbilanzierung durchführen zu können. Die Immissionsbelastung wurde innerhalb des Projekts WUMS in AML oder C programmiert [WUMS 2000], die aber über eine Schnittstelle leicht dem GIS-Produkt ARC/INFO angegliedert werden konnten.

8.3 Diskussion der Bewertung

Eine der Schwierigkeiten bei der Abschätzung von Umweltauswirkungen bestehender oder geplanter Eingriffe, stellt die Bewertung dar. Zunächst werden allgemeine Bewertungsprobleme wie z.B. Klassenbildung oder Vergleichbarkeit ordinaler Skalierungen diskutiert. Daran anschließend erfolgt die Erörterung des hier verwendeten Bewertungsansatzes. Dabei wird diskutiert, inwieweit dieser den Bewertungsverfahren Raumempfindlichkeitsanalyse bzw. Ökologische Risikoanalyse zugeordnet werden kann. Schließlich werden schwerpunktmäßig die innerhalb der Objektebene I angewandten mehrkriteriellen Analyseverfahren erörtert.

8.3.1 Bewertungsproblematik

Wenn Planung als das bewußte gedankliche Vorwegnehmen des Hinwirkens auf eine angestrebte Situation verstanden wird, so ist daraus die Forderung nach rationalen Entscheidungen in allen Teilschritten

des Planungsprozesses direkt ableitbar [Fischer 1983]. Planungsprozesse sind durch vielfältige Verzahnungen von Wissen und Werten gekennzeichnet [Jessel 1996]. Wissenschaftliche Ergebnisse findet man sowohl auf der Sach- als auch auf der Wertebene. Die Wertebene kann in zwei weitere Bewertungstypen untergliedert werden [Knauer und Surburg 1990]:

- **Wissenschaftlich-fachliche Bewertung:**
Hierbei handelt es sich um eine fachlich abgesicherte wissenschaftliche Bewertung wie z.B. die Bewertung der Biotoptypen nach [Kaule 1991] oder die Rote-Liste Arten.
- **Politisch-gesellschaftliche Bewertung:**
Diese Bewertung kommt in einem gesellschaftlichen und politischen Diskussionsverfahren zustande und beruht nicht auf wissenschaftlicher Erkenntnis, wie z.B. Grenzwerte für Luftimmissionen. Häufig ist hier das Leitbild der "Zumutbarkeit von Restrisiken" erkennbar, welches sich aber oft auch nach der technischen Machbarkeit richtet. Diese Art der UQS suggerieren eine nicht vorhandene wissenschaftliche Exaktheit.

Beide Bewertungstypen sind für den Entscheidungsprozess notwendig. Der wissenschaftlich begründete Erkenntnisstand zu Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Umwelt ist Voraussetzung zur Entwicklung gesellschaftlicher Wertvorstellungen. Die Abgrenzung zwischen wissenschaftlicher Wertebene und politischer Zielvorgabe muß jedoch sichtbar sein.

In den raumbezogenen Wissenschaften werden bei der Abgrenzung von Räumen ständig Bewertungen durchgeführt, die auf derzeit gültigen wissenschaftlichen Annahmen beruhen. Dies geschieht beispielsweise durch Klassifikationen, die die Gruppierung von Flächen nach thematischen Vorgaben (z.B. neunstufige Skala nach [Kaule 1991]), durch statistische Verfahren (z.B. Klassifikationen in der Fernerkundung [Buiten und Clevers 1993]) oder durch anspruchsvollere Techniken wie neuronale Netze (vgl. z.B. [Benediktsson et al. 1990]) beinhaltet. Eine weitere Möglichkeit sind Interpolationsverfahren, bei denen Meßwerte für einzelne Punkte zur Abgrenzung von Regionen in die Fläche extrapoliert werden [Mövius 1999].

Die Abgrenzung zwischen Sachebene und wissenschaftlicher Wertebene läßt sich im Rahmen dieser Untersuchung bei der Ableitung von unzerschnittenen Räumen nachvollziehen. Während das Ergebnis durch Polygonisierung noch auf der Sachebene liegt, findet die Einteilung dieser Räume in eine Verhältnisskala auf der Wertebene statt. Genauso stellt die mehrstufige ordinale Skala der Empfindlichkeitskarten eine Bewertung dar, ebenso wie die Gewichtung der Kriterien innerhalb des AHP (siehe Kap. 6.5.2) oder die Räume gleichen Freiflächenanteils. Dies bedeutet, daß Klassenbildung im allgemeinen bereits auf der wissenschaftlichen Wertebene vollzogen wird. Hierbei handelt es sich aber um Bewertungen, die vor dem Hintergrund wissenschaftlicher Objektivität getroffen werden. Bei der Bewertung liegt ein Wertsystem zugrunde, das explizit dargestellt werden sollte (siehe Abb. 5.1, 6.2, 7.1), um die Präferenzen des Bewerter bei der Selektion, Gewichtung und Aggregation von Indikatoren gleichermaßen berücksichtigen zu können und gegebenenfalls Änderungen im Wertsystem nachvollziehen zu können. Politischer Einfluß kommt beispielsweise ins Spiel, wenn Grenz-, Vorsorge- und Zielwerten konkrete Werte zugewiesen werden oder wenn es um eine endgültige, rechtlich abgesicherte, Abgrenzung von Schutzgebieten geht. Diese stellen den Konsens innerhalb eines politischen Diskurses dar und sind das Ergebnis einer politisch-gesellschaftlichen Bewertung.

Eine weitere Anforderung ist die Vergleichbarkeit von Bewertungen für unterschiedliche Bewertungsgegenstände. Zur Veranschaulichung kann das Beispiel der Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber verkehrsbedingten Belastungen bezüglich verschiedener Schutzgüter, die im Projekt WUMS durchgeführt wurde, herangezogen werden. Dabei wurde die Empfindlichkeit des Schutzguts im Hinblick auf verkehrsbedingte Belastungen auf eine fünfstufige ordinale Skala abgebildet (Kap. 4.2). Für jedes Schutzgut mußten unterschiedliche Verfahren gewählt werden, um zu dieser ordinalen Skala zu gelangen. Die Vergleichbarkeit von identischen Stufen, also die Stufe 1 Grundwasser mit der Stufe 1 Boden (empfindlichste Bereiche), wird vorausgesetzt, wurde aber in keinem Fall geprüft. Eventuell

sind die mit Stufe 1 bewerteten Bereiche für das Schutzgut Boden wesentlich empfindlicher gegenüber verkehrlicher Belastung, da das Regenerationsvermögen u.U. geringer ist.

Weiter ist zu hinterfragen, ob die Differenzen zwischen den Stufen 1 und 3 und den Stufen 3 und 5 tatsächlich gleiche Präferenzunterschiede zwischen den Abstufungen "hoch", "durchschnittlich" und "niedrig" widerspiegeln [Zimmermann und Gutsche 1991]. Lassen sich die Skalenwerte des Schutzguts Boden tatsächlich bedenkenlos mit denen des Schutzguts Grundwasser vergleichen? Der Vergleich zweier ordinaler Skalierungen ist unter Umständen gar nicht möglich, wird aber in der Planung, mangels besserer Verfahren, ständig durchgeführt. Es ist häufig einfacher, die relative Bedeutung der Kriterien zu bestimmen, als die der Kriterienwerte. Beispielsweise kann die relative Aussage, daß ein Gebiet ökologisch doppelt so wertvoll ist wie ein anderes, eher getroffen werden, als die absolute ökologische Wertigkeit beider Gebiete [Voogd 1983]. Genauso ist es fraglich, ob die gesundheitliche Belastung von $80 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ und $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{Bz}$ (diese Werte stellen den jeweiligen gesetzlichen Grenzwert dar) wirklich identisch ist. In diesem Fall beruht die Zuweisung bestimmter Schwellwerte zu den Kategorien der einzelnen UQS auf einem umweltpolitischen Konsens. Dagegen würde eine gleichmäßige Einteilung der Belastung auf der Verhältnisskala, wie in Kap. 7.2.1.3 für Benzol vorgeschlagen wurde, dem Anspruch eines gleichmäßigen Abstands zwischen den Stufen gerecht werden.

Ein zusätzlicher Unsicherheitsfaktor kommt ins Spiel, wenn ein Bewertungsschema von verschiedenen Bearbeitern angewandt wird [Jessel 1996]. Als Beispiel hierfür dient die von der LfU durchgeführte Biotopkartierung des Landes Baden-Württemberg, bei der teilweise an Blattschnittgrenzen der Bearbeiterwechsel deutlich zu erkennen ist. Weitere Probleme, auf die man bei der Anwendung von Bewertungsmethoden in der Planung stößt, reichen von der Kriterienwahl (Welche Faktoren sind für die Beschreibung des Bewertungsgegenstands relevant?), über die Kriteriengewichtung (Sind die gewählten Indikatoren für die Zielaussage gleichermaßen bedeutend bzw. kann ihre Bedeutung in eine Reihenfolge auf ordinaler Skala oder sogar der Verhältnisskala gebracht werden?) zur Kriterienverknüpfung (Welche Techniken sind zur Verknüpfung angebracht: Aggregationsverfahren / Standardisierung). Im Falle der Kriterienverknüpfung werden formalisierte Bewertungsverfahren eingesetzt, die die Rationalität der Planung und Entscheidung erhöhen und die Nachprüfbarkeit und Transparenz von Planungsergebnissen verbessern sollen [Fischer 1983].

8.3.2 Bewertungsansatz

Der im Zuge dieser Arbeit angewandte Bewertungsansatz orientiert sich an der Raumempfindlichkeitsanalyse (REA), die allerdings durch die Verwendung von Methoden und Modellen innerhalb der vorgestellten drei Ebenen mit einem hohen Detail durchgeführt wurde. Jede Ebene für sich enthält unterschiedliche Aussagen bezüglich der Belastung bzw. Empfindlichkeit des Raumes. Der in der REA verwendete Begriff der Funktionsräume wird durch die drei Bezugsräume (Typebene, Objektebenen I und II) operationalisiert. Die im Schritt 5 der REA (Kap. 3.2.1.2) angesprochene Vorbelastung wird sehr detailliert ermittelt. Sie wird zum einen auf der Objektebene I (Wassereinzugsgebiete) als Vorbelastung (Belastung durch sonstige Flächennutzung) und Zusatzbelastung (Belastung durch das betrachtete Straßennetz) und auf der Objektebene II als Belastung durch Luftschadstoffe und Lärm erfaßt. Der letzte Schritt einer REA, die Ausweisung eines konfliktarmen Korridors, wird nicht durchgeführt, da dies nicht dem Ziel der vorliegenden Untersuchung entsprach.

Das für die Objektebene I entwickelte Modell (Kap. 6), orientiert sich am Ablauf der ökologischen Risikoanalyse. Die ÖRA entgeht zwar dem Vorwurf eines technokratischen Ansatzes, hat aber den Nachteil, daß die Ergebnisse wenig konkret und präzise sind. Dieses unscharfe Ergebnis steht im Gegensatz zu den im Regelfall höher aufgelösten Eingangsdaten [Runge 1998]. Daher werden die in einer ÖRA häufig verwendeten Entscheidungsbäume und Präferenzmatrizes ersetzt durch mehrkriterielle Bewertungsmethoden. Zudem erfolgt in einer ÖRA eine Einzelbewertung der Schutzgüter, die Abwägung wird dabei dem Entscheidungsträger überlassen. Dieses Problem wurde solchermaßen gelöst, daß aus den hier berücksichtigten drei Schutzgütern (Boden / Grundwasser / Auen/Oberflächengewässer) eine Gesamtempfindlichkeit gegenüber verkehrlicher Belastung ermittelt wurde.

Abschließend bleibt festzustellen, daß das vorgeschlagene Verfahren sich zwar bezüglich der planerischen Aussage an einer Raumempfindlichkeitsanalyse orientiert (die Abgrenzung kritisch belasteter Räume), diese aber durch die Verwendung relativ genauer Eingabedaten (ATKIS) und darauf abgestimmter Methoden ein wesentlich detaillierteres Ergebnis erreicht. Dies gilt gleichermaßen für die Ökologische Risikoanalyse auf der Objektebene I, die keine typische ÖRA widerspiegelt, sondern im wesentlichen nur die Begriffe aus der ÖRA übernimmt (Empfindlichkeit / Belastung / Risiko). Die hier vorgeschlagene Analyseverfahren kann die Grundlage für weitere detailliertere Untersuchungen bilden.

8.3.3 Formalisierte Bewertungsverfahren

In der Objektebene I wird ein Modell zur Bewertung der Belastung von Räumen durch Flächenzerschneidung unter Einbeziehung bereits vorhandener Belastung erstellt. Ein Modell ist eine vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit und es besteht zunächst nicht der Anspruch einer Quantifizierung [Haggett 1983]. Daher kann man den in Abb. 6.1 dargestellten Ablauf als Begriffsmodell für die Erfassung der Flächenzerschneidung betrachten. Aus der Literatur ist kein Modell bekannt, das die Umweltbelastung durch verkehrsbedingte Flächenzerschneidung auf der regionalen Maßstabebene unter Berücksichtigung von Vor- und Zusatzbelastung sowie der Empfindlichkeit des Gebiets erfasst. Daher war es erforderlich einen Bewertungsablauf zu schaffen, der eine Differenzierung hinsichtlich der Belastungsgröße für die Wassereinzugsgebiete zuläßt. Das Modell zeigt als Ergebnis Schwerpunkte bezüglich Belastung, Empfindlichkeit, Risiko und Handlungspriorität für eine gesamte Region. Im Gegensatz zur Immissionsmodellierung, bei der bestimmte Immissionswerte in einem politischen Diskurs als gesundheitsgefährdend festgesetzt wurden, liegen für den Bezugsraum Wassereinzugsgebiet noch keine durch ein Gremium bestätigten regionalisierten Umweltqualitätsziele oder -standards als Maßstab vor. Dies liegt zum einen daran, daß ein Schwellwert der Schutzgutgefährdung noch definiert werden muß, zum anderen am mangelnden ökologischen Interesse der Politiker, v.a. wenn dieses mit ökonomischen Belangen in Konflikt steht. Das Modell stellt eine Basis für die Ableitung regionalisierter Umweltqualitätsziele bzw. -standards dar.

Für die Bewertung von Wassereinzugsgebieten hinsichtlich verkehrsbedingter Belastung war der Einsatz formalisierter Bewertungsverfahren notwendig. Um die zu erfassende Größe mit dem jeweils adäquaten Bewertungsverfahren abbilden zu können, wurden eine ganze Reihe unterschiedlicher Aggregationsverfahren angewandt. An fünf Knotenpunkten innerhalb des Bewertungsablaufs sind Aggregationsverfahren zu finden. Es handelt sich dabei um folgende Analyseverfahren:

- Statistische Analyse: Regionalisierung der Einzelindikatoren für die Bezugseinheit Wassereinzugsgebiet aus genauer vorliegenden Daten.
- Disjunktive Methode: Verknüpfung der Schutzgüter Grundwasser, Boden und Außen/Oberflächengewässer zu einem Gesamtparameter Empfindlichkeit.
- Analytical Hierarchy Process: Verknüpfung der Vorbelastungsindikatoren Raumkategorie, Randonutzung, Verbauung zu einem Parameter Vorbelastung.
- Multiplikative Verknüpfung: Verknüpfung von Betriebsindikator und Anlageindikator zum Parameter Zusatzbelastung.
- Qualitative Konkordanzanalyse: Verknüpfung der Indikatoren Vorbelastung und Zusatzbelastung zur Gesamtbelastung.
- Präferenzmatrix: Verknüpfung von Empfindlichkeit und Belastung zum Risiko durch verkehrsbedingte Belastung sowie Ermittlung einer Handlungspriorität aus Risiko und Wasserschutzgebieten.

Anhand dieser Aufzählung ist bereits ersichtlich, daß aus einem Datenpool durch Aggregation immer wieder neue Informationen abgeleitet werden. Zunächst werden die Grunddaten durch eine statistische Analyse für die Bezugseinheit Wassereinzugsgebiet aggregiert. Diese Regionalisierung stellt die erste Aggregationsstufe dar, worauf eine weitere durch die Ermittlung der Parameter Empfindlichkeit, Vorbelastung und Zusatzbelastung folgt. Mittels einer dritten Aggregation wird der Parameter Gesamtbelastung abgeleitet und schließlich wird aus einer Verknüpfung von Empfindlichkeit und Belastung das Risiko ermittelt. Dies macht deutlich, daß die inhaltliche Unschärfe bei fortschreitender Aggregationstiefe zunimmt. Ziel einer solchen Verknüpfung kann lediglich sein, Räume mehr oder weniger grob abzugrenzen und innerhalb des Untersuchungsgebietes Schwerpunkte zu erkennen, sei es hinsichtlich der verschiedenen Belastungsarten, der Empfindlichkeit, des Risikos oder schließlich der Handlungspriorität. Eine solche Analyse könnte man, analog zu den Screening-Modellen der Immissionsmodellierung, als Screening-Modell für die Flächenzerschneidung betrachten (vgl. Kap. 1.4). Damit können kritische Bereiche bezüglich der Belastung durch Flächenzerschneidung ermittelt werden. Dort müssen dann genauere Fragmentierungsmodelle angewandt werden - z.B. das Fragmentierungsmodell von [Kuhn 1998b] - um Aussagen zur Belastung bestimmter Tierarten zu erhalten. Mit dem hier vorgestellten Modell zur Flächenzerschneidung wird die Modellfamilie zum Thema Fragmentierung um ein Modell auf der regionalen Maßstabebene erweitert. Der Begriff Modellfamilie wurde in [Kaule 1999] für den Bereich Boden ausführlicher diskutiert: Es handelt sich dabei um ein "Bündel von Modellen, die auf unterschiedlichen Maßstabebenen zu einem Thema Aussagen ermöglichen".

Statistische Analyse

Zur Regionalisierung der im Projekt WUMS für die Region Stuttgart erstellten Sensitivitätskarten auf die Bezugseinheit Wassereinzugsgebiet (zur Ableitung dieser Karten siehe [Stauch et al. 1998]) wurde eine deskriptiv-statistische Analyse angewandt. Diese ist geeignet, um eine Datenreduktion durchzuführen. Nach einer Verschneidung mit den Wassereinzugsgebieten konnten die Flächenanteile der einzelnen Empfindlichkeitsstufen pro Einzugsgebiet berechnet werden. Danach wurde eine Zuordnung des prozentualen Vorkommens der zwei Stufen mit der höchsten Sensitivität (Stufe 1 und 2) zu den drei Kategorien "gering", "mittel" und "hoch" (Flächenanteile $< 33\%$, $33 - 66\%$, $> 66\%$) durchgeführt. Die Stufen 1 und 2 wurden ausgewählt, um die Chance zu erhöhen, daß die sensitivsten Bereiche darin enthalten sind (Vgl. die Diskussion in Kap. 8.3.1 zur Vergleichbarkeit von Bewertungsstufen). Zur Vermeidung einer Pseudogenauigkeit wurden nur die drei Verteilungsstufen "gering", "mittel" und "hoch" gewählt.

Disjunktive Methode

Um dem nichtkompensatorischen Charakter des Kriteriums Empfindlichkeit gerecht zu werden, wurde zur Ermittlung der Gesamtempfindlichkeit der Wassereinzugsgebiete eine Selektion mit disjunktivem Charakter angewendet. Die Kategorie "mittel" bildete den Schwellwert. War mindestens ein Kriterium in die Kategorie "hoch" eingestuft, so wurde der Gesamtempfindlichkeit der Wert "hoch" zugewiesen, analog dazu wurde mit der mittleren Kategorie verfahren. Gebiete, die nicht durch mindestens ein Kriterium in der mittleren Klasse vertreten waren, wurden aus dem Alternativensatz herausgenommen. Dies bedeutet, daß eine hohe Einstufung eines Kriteriums eine hohe Gesamtempfindlichkeit erzwingt, auch wenn die übrigen Kriterien eine geringe Sensitivität aufweisen. Die disjunktive Methode stellt gewöhnlich eine Vorauswahl dar, da als Ergebnis eine Alternativenmenge ermittelt wird und nicht eine "beste" Alternative [Zimmermann und Gutsche 1991]. Die eigentliche Wahl einer Alternative muß dann noch vollzogen werden. Die disjunktive Analyse wurde in dieser Weise auch in dieser Arbeit verwendet. Nicht das empfindlichste Wassereinzugsgebiet war gefragt, sondern eine Menge hoch-sensitiver Gebiete. Diese Strategie kommt vor allem bei einer geringen Zahl von Kriterien in Frage (hier drei). Bei mehr Kriterien gibt es ansonsten immer eine Alternative, bei der das Entscheidungskriterium zutrifft, wodurch die gewünschte räumliche Differenzierung verhindert wird.

Verfahrensgruppe paarweiser Vergleich

Bewertung ist die Erzeugung einer Präferenzordnung in einer Alternativenmenge [Schwarz-v. Raumer 1999]. Diese Präferenzherzeugung erfolgt bei den MCE-Verfahren Analytical Hierarchy Process (AHP)

und Qualitative Konkordanzanalyse über einen paarweisen Vergleich. Ein paarweiser Vergleich erlaubt die Aufstellung einer Rangfolge der Alternativen. Der AHP, der zur Aggregation der Vorbelastungskriterien (Randnutzung, Raumkategorie, Gewässerverbauung) eingesetzt wurde, strukturiert das Bewertungsproblem zunächst mit einem Bewertungsbaum. Der Vorteil des genannten Verfahrens liegt darin, daß die qualitativen Kriterien oder gemischt vorliegenden qualitativ/quantitativen Kriterien letztendlich durch einen gemeinsamen Maßstab, eine neunstufige Skala, vergleichbar werden [Lotfi und Teich 1989]. Mit dem AHP kann zunächst die relative Bedeutung der Kriterien bestimmt werden. Daran schließt dann ein paarweiser Vergleich der Alternativen an. Der AHP bietet außerdem ein Verfahren an, das Inkonsistenzen in Bewertungen aufzeigt [Voogd 1983], [Banai-Kashani 1989], [Nijkamp et al. 1990]. Das relative Gewicht der Kriterien wird ebenfalls durch einen paarweisen Vergleich ermittelt. Zwar kommt der Nutzer nicht umhin, eine eigene Gewichtung durchzuführen, er kann sich dabei allerdings immer an der Tabelle 6.4 orientieren. Außerdem ist es möglich, danach die Konsistenz der Gewichtung zu berechnen und gegebenenfalls die Gewichtung zu verändern. Dies wurde beispielsweise in [Wu 1998] zur Ermittlung der Gewichtung jener Faktoren, die die Landentwicklung beeinflussen, erfolgreich eingesetzt und innerhalb von ARC/INFO als Menü programmiert. Der Nutzer kann über Slider Bars die Gewichte bestimmen und ein daraufhin berechneter Index zeigt die Konsistenz dieser Gewichtsverteilung. Außerdem müssen bei der Vergabe der Gewichte immer nur die relative Bedeutung zweier Faktoren zueinander bestimmt werden, was für die bewertende Person wesentlich einfacher ist, als wenn alle Kriterien in eine Rangfolge gebracht werden müssen, wie z.B. bei der gewichteten Addition. Die Bedeutung zwischen den Kriterienpaaren kann entweder für alle Paare explizit festgelegt werden, oder sie wird soweit durchgeführt, bis sich die restlichen Paarkombinationen durch mathematische Umformungen berechnen lassen.

Die Konkordanzmethoden, die auch aus der Gruppe der paarweise vergleichenden Verfahren sind, bestimmen jeweils die Konkordanz- bzw. Diskordanzmenge. Die Konkordanzmenge K_{kl} zweier Alternativen i_k und i_l ist die Menge aller Kriterien, bei denen die Alternative i_k der Alternative i_l vorgezogen wird. Die Diskordanzmenge D_{kl} ist die Komplementärmenge dazu [Zimmermann und Gutsche 1991]. Bei der hier verwendeten Qualitativen Konkordanzanalyse werden die Ranghäufigkeiten bestimmt, weshalb auf kardinale Maße verzichtet werden kann, d.h. sie eignet sich besonders für qualitative Daten. Allerdings sind bei den Gewichten nur drei Skalenebenen und bei den Kriterienausprägungen lediglich vier Niveaus zugelassen [Voogd 1983]. Besitzt das zu behandelnde Bewertungsproblem mehr Ausprägungen, so sind diese vorher zu reduzieren. Bei der mit dieser Bewertungsmethode zu ermittelnden Gesamtbelastung lagen entsprechende Voraussetzungen vor. Der Faktor Gesamtbelastung stellt eine Funktion von Vor- und Zusatzbelastung dar, deren Ergebnisse zwar numerisch vorlagen, die Werte waren aber dimensionslos und sollten daher nicht weiter verrechnet werden. Bei der Qualitativen Konkordanzanalyse werden Ranghäufigkeiten verwendet, der eigentliche Kriterienwert ist daher unwichtig. Allerdings leidet bei diesem Verfahren die Transparenz, bedingt durch die verschiedenen Dominanzebenen (maximal neun, bei einer Gleichgewichtung der Kriterien und vier Kriterienausprägungen mindestens drei). Man erhält dadurch kein eindeutiges Ergebnis, es müssen vielmehr mehrere Ergebnismengen simultan begutachtet werden [Nijkamp et al. 1990]. Dieses Problem wurde in der vorliegenden Arbeit umgangen, indem die Dominanzebenen die Hauptreihenfolge darstellten und innerhalb der Ebenen mit Hilfe der Häufigkeitstabellen eine differenzierte Rangfolge erstellt wurde.

[Strassert 1995] präferiert zwar ebenfalls den paarweisen Vergleich, lehnt allerdings alle Verfahren ab, die nicht auf Sondierung und Abwägung von Vorteilen und Nachteilen beruhen. Dies bedeutet " . . . , eine neurogene Leistung des menschlichen Gehirns abzufordern und zu ermöglichen" [Strassert 1995]. Ein solches Vorgehen erscheint aber angesichts der steigenden Informations- und Datenfülle und dem steigenden Komplexitätsgrad von Umweltproblemen, Raumnutzungskonflikten und Mehrfachnutzungen unmöglich (vgl. auch [Beck et al. 1993], [Grützner 1997], [Schwarz-v. Raumer 1999]).

Präferenzmatrix

Zur Ermittlung des Risikos wurde eine Präferenzmatrix verwendet. Diese führt eine paarweise Zuordnung durch, der intuitives menschliches Bewerten zugrunde liegt. Solch eine Bewertungsmethodik ist nur sinnvoll, wenn höchstens zwei Merkmale aggregiert werden sollen und wenn diese Merkmale eine

geringe Anzahl von Merkmalsausprägungen besitzen. Die Präferenzmatrix wurde im vorliegenden Fall bewußt eingesetzt, um die Präferenz von Entscheidungsträgern explizit einfließen lassen zu können. Für die hier aufgestellte Matrix müssen bereits $4 \times 3 = 12$ Entscheidungsregeln aufgestellt werden. Es ist daher leicht nachzuvollziehen, daß mehr Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen die Bewertung stark erschweren. Soll daher nicht nur, wie in vorliegendem Fall, eine grobe Einteilung der Region bezüglich des Risikos erhalten werden (vgl. Abb. 6.22), so müssen andere Verfahren (z.B. aus der Gruppe der Konkordanzanalyse) angewendet werden. Gleiches gilt für die Ableitung der Handlungspriorität, die ebenfalls durch eine Präferenzmatrix ermittelt werden konnte.

8.4 Definition der Indikatoren

Es werden einige der verwendeten Indikatoren und deren Ableitung erläutert. Dazu gehört der auf der Typebene erstellte Indikator der unzerschnittenen Räume, sowie die auf der Ebene der Wassereinzugsgebiete benötigten Merkmale der Urbanität und der Randstreifennutzung. Schließlich wird die mögliche Erweiterung der Handlungspriorität durch weitere, in die Ableitung einfließende Kriterien erörtert.

Unzerschnittene Räume

Die durch Verkehr in Anspruch genommene Fläche in Deutschland ist fast ebenso groß wie die Siedlungsfläche. Das von der Enquête-Kommission vorgegebene Umwelthandlungsziel lautet für die Flächennutzung "Einfrieren des jetzigen Standes der Versiegelung". Dies muß sich demzufolge auch auf die Ausweisung von Verkehrsflächen auswirken [Bizer et al. 1998]. Allerdings wird bei Befriedigung einer Dimension des Zieldreiecks (mit den Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales), eine andere Zielkomponente behindert (z.B. Baustopp bei Landes-, Bundesstraßen und Autobahnen reduziert Neuversiegelung, aber behindert möglicherweise die Anbindung schwach entwickelter Regionen). Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den alten Bundesländern beträgt 12,2 % [Losch 1992], für die Region Stuttgart liegt er bei 15,4 % (Tab. 5.1), d.h. die Region verzeichnet einen überdurchschnittlichen Flächenverbrauch durch Siedlung und Verkehr.

[Lassen 1979] definiert unzerschnittene verkehrsarme Räume als Gebiete die über dem Schwellenwert von 100 km^2 liegen, um eine ungestörte naturnahe Erholung zu ermöglichen. Zur Abgrenzung der Räume wurden neben den Eisenbahnlinien diejenigen Straßen herangezogen, die außerorts von über 1000 Fahrzeugen im 24-Stundenmittel frequentiert wurden. Diese Studie wurde für die Bundesrepublik Deutschland 1979 durchgeführt und 1987 wiederholt [Lassen 1987], [Lassen 1990]. Dabei war eine Flächenabnahme großer unzerschnittener Räume von 18,3 % zu verzeichnen. 100 km^2 sind als Bruttomindestflächengröße anzusehen, wovon durch einen verlärmten sowie optisch beeinträchtigten Randstreifen, den [Lassen 1990] nochmals mit 1 km ansetzte und von der Bruttofläche abzog, nur noch eine Nettofläche von 80-90 km^2 als Kernbereich übrigbleibt. Für Baden-Württemberg werden nur im Bereich des Schwarzwalds sowie der Schwäbischen Alb und im Bereich zwischen Tuttlingen und Ravensburg unzerschnittene verkehrsarme Räume ausgewiesen. Die Region Stuttgart konnte bereits 1979 keinen unzerschnittenen Raum dieser Größenordnung aufweisen. Diese Definition eines unzerschnittenen Raumes ist daher für Ballungsräume ungeeignet, da sich so keine Differenzierung des verstädterten Bereiches vornehmen läßt. Deshalb wurde hier die bereits in Kap. 8.2.2 erläuterte Klassenteilung vorgenommen.

Urbanität

Das Kriterium Raumkategorie untergliedert den Raum nach seiner Urbanität in die Kategorien urban, suburban und ländlich. Eine Folge der Suburbanisierung ist das enorm gestiegene Verkehrsaufkommen. Die Analyse der Suburbanisierung soll ganz allgemein Städte und Gemeinden zu einer stärkeren gemeinsamen Planung zwingen, um beispielsweise unregelmäßige Bebauung aufzuhalten, ungleiche Belastungen von Kernstadt und Umland aufzuzeigen, sowie die räumliche Segregation von Haushaltstypen und deren Folgen zu untersuchen. Suburbanisierung ist definiert als

“Verlagerung von Nutzungen und Bevölkerung aus der Kernstadt, dem ländlichen Raum oder anderen metropolitanen Gebieten in das städtische Umland bei gleichzeitiger Reorganisation der Verteilung von Nutzungen und Bevölkerung in der gesamten Fläche des metropolitanen Gebiets“ (Friedrichs und von Rohr, 1975 in [Friedrichs 1995]).

Die Stadt in ihren administrativen Grenzen wird als “Kernstadt“ (engl.: central city) bezeichnet, das angrenzende Gebiet ist das Umland (engl.: suburban zone). Daran schließen sich Gemeinden an, die als “Trabanten“ oder “exurbs“ bezeichnet werden. Kernstadt und Umland werden als Stadtregion bezeichnet, im englischen als agglomeration, conurbation, metropolitan area. Die Abgrenzung des Umlands im engeren Sinne wird heute über die Zahl der Auspendler definiert [Friedrichs 1995]. Aus ökologischer Sicht dienen große zusammenhängende Freiräume in urbanen Gebieten der Erholung, in ländlichen der Erhaltung des Artenbestands. Die Kategorien urban - suburban - ländlich werden deshalb nicht nach soziologischen Kriterien durchgeführt, sondern nach der Größe unzerschnittener Räume.

Gewässerrandstreifen

Der Strukturfaktor Gewässerrandstreifen wird in Anlehnung an [LfU 1994b] ermittelt. Dabei werden die Flächen mit einer Breite von ca. 10 m beiderseits des Gewässers berücksichtigt. Während bei [LfU 1994b] nur der nicht versiegelte Bereich bis zu einer Breite von 10 m berücksichtigt wird, wird bei vorliegender Bewertung die Intensität der Nutzung innerhalb dieses 10 m breiten Randstreifens bewertet, wobei versiegelte Fläche eine eigene Kategorie bildet. Ein weiterer Unterschied ist, daß bei [LfU 1994b] Gewässerabschnitte bewertet werden, also linienförmige Streckenabschnitte, in der vorliegenden Arbeit aber Flächen, so daß ein Streckenabschnitt auf der linken und rechten Gewässerseite durchaus eine unterschiedliche Bewertung erhalten könnte.

Handlungspriorität

Die Handlungspriorität wurde gemäß dem politischen Ziel einer Region in zwei Subprioritäten, der Schutz- bzw. Maßnahmenpriorität unterteilt. Diese wurden durch eine Verknüpfung von Risiko und dem Anteil an Wasserschutzgebieten ermittelt. Die Wasserschutzgebiete stehen hier stellvertretend für die ganze Gruppe gesetzlich ausgewiesener Schutzgebiete, wie z.B. Naturschutzgebiete. Die Handlungspriorität an das Vorkommen bereits bestehender Schutzgebiete zu knüpfen, trägt zum einen dem Biotopvernetzungsdenken Rechnung, zum anderen könnte durch die Nähe bereits ausgewiesener Schutzgebiete die Akzeptanz durch die Entscheidungsträger höher sein. Die zwei Ziele Schutz- bzw. Maßnahmenpriorität verhalten sich komplementär zueinander (vgl. Kap. 6.9).

8.5 Belastungssituation in der Region Stuttgart

Nachfolgend werden die in dieser Untersuchung bearbeiteten Belastungsgrößen, nämlich Flächenzerschneidung sowie Luftschadstoff- und Lärmbelastung, kurz charakterisiert und eingeordnet.

Flächenzerschneidung

Innerhalb der Region Stuttgart sind die unzerschnittenen Räume (UZR) der Klasse $> 7 \text{ km}^2$ (auch große unzerschnittene Räume, GUZR, genannt) auf ca. 41 % der Gesamtfläche vertreten, in ganz Baden-Württemberg dagegen im Schnitt auf 57 % der Fläche. Speziell die Naturräume Stuttgarter Bucht, Filder, Neckarbecken, Obere Gäue sowie Schwäbisch-fränkische Waldberge der Region Stuttgart sind von einer starken Zerschneidung betroffen. Dagegen weisen die Naturräume der Alb, Schönbuch und Glemswald sowie Strom- und Heuchelberg eine überdurchschnittlich hohe Ausstattung mit GUZR auf. Zwar setzen sich einige der relativ gering zerschnittenen Teilgebiete der Region Stuttgart (mittleres und östliches Albvorland sowie Schurwald und Welzheimer Wald) zu über 41 % aus GUZR zusammen, sie liegen damit aber dennoch unter dem mittleren Flächenanteil der GUZR für Baden-Württemberg. Dies verdeutlicht die besondere verkehrsbedingte Belastung des Stuttgarter Raumes innerhalb Baden-Württembergs (Tab. 8.3).

Tabelle 8.3: Flächenanteil der Klasse $> 7 \text{ km}^2$ für die Naturräume

Naturraum	Flächenanteile
Strom- und Heuchelberg	79 %
Kuppige Flächenalb	74 %
Albuch und Härtsfeld	67 %
Schönbuch und Glemswald	64 %
Schurwald und Welzheimer Wald	57 %
Östliches Albvorland	48 %
Mittleres Albvorland	46 %
Schwäb.-Fränkische Waldberge	31 %
Obere Gäue	30 %
Neckarbecken	25 %
Die Filder	21 %
Stuttgarter Bucht	10 %

Die Empfindlichkeit gegenüber verkehrsbedingter Belastung ist vor allem im Nordosten (Schwäbisch-fränkischer Wald sowie Schurwald und Welzheimer Wald) und in den Naturräumen auf der Schwäbischen Alb sehr hoch (Abb. 6.8). In den übrigen Landschaftseinheiten findet man nur vereinzelt Wassereinzugsgebiete, die eine hohe Empfindlichkeit besitzen. Bereiche hoher Vorbelastung sind dagegen vor allem im zentralen und nördlichen Bereich der Region vertreten. Gebiete hoher Zusatzbelastung sind ebenfalls in der Stuttgarter Bucht sowie in den nördlich angrenzenden Gebieten, außerdem in einem in West-Ost-Richtung verlaufenden Band das den Verlauf der Autobahn A8 nachvollzieht. Das Gesamtbild zeigt daher eine starke Belastung im Nordwesten der Region, die sich nach Südosten fortsetzt. Die Wassereinzugsgebiete lassen sich dabei durch die Anwendung der Qualitativen Konkordanzanalyse in eine Rangfolge bezüglich der Belastung bringen, so daß eine Abstufung innerhalb der ordinalen Kategorien der Dominanzebenen möglich ist. Der hohe Zerschneidungsgrad drückt sich auch in dem auf der Objektebene II abgeleiteten Risiko gegenüber verkehrsbedingter Belastung aus. Lediglich auf 18,8 % der Gesamtfläche der Region Stuttgart ist kein hohes Risiko feststellbar.

Tabelle 8.4: Risiko durch Flächenzerschneidung in der Region Stuttgart

Risikostufe	Risiko	
1 (gering)	55,0 km ²	1,5 %
2 (mittel)	631,7 km ²	17,3 %
3 (hoch)	1663,0 km ²	45,5 %
4 (sehr hoch)	1304,6 km ²	35,7 %

Dieses Ergebnis drückt sich auch bei der Handlungspriorität aus. Nur ca. 22 % der Gesamtfläche ist in der Subpriorität Flächenschutz den Kategorien 3 und 4 zugeordnet (Tab. 8.5). Dagegen ist in der Komplementärmenge Maßnahmenpriorität fast 83 % der Region Stuttgart in den Kategorien hohe bis sehr hohe Maßnahmenpriorität vertreten. Im folgenden werden die zwei Subprioritäten kurz charakterisiert.

- Geringer Sanierungsaufwand = Hohe Schutzpriorität:
Dies sind prioritär zu schützende und entwickelnde Wassereinzugsgebiete mit einer hohen Qualität und einer geringen verkehrsbedingten Belastung.
- Mittlerer Sanierungsaufwand = Mittlere Schutzpriorität:
Hier findet man prioritär sanierungswürdige Wassereinzugsgebiete, deren Belastung soweit wie

Tabelle 8.5: Handlungsprioritäten innerhalb der Region Stuttgart

Prioritätsstufe	Schutzpriorität		Maßnahmenpriorität	
1 (gering)	1304,6 km ²	35,7 %	52,0 km ²	1,4 %
2 (mittel)	1547,2 km ²	42,3 %	574,7 km ²	15,7 %
3 (hoch)	739,5 km ²	20,2 %	1607,2 km ²	44,0 %
4 (sehr hoch)	63,0 km ²	1,7 %	1420,4 km ²	38,9 %

möglich verringert werden sollte. Der morphologische Zustand der Gewässerläufe sollte verbessert werden. In diesen Bereichen kann mit begrenztem technischen und finanziellen Aufwand eine flächenhafte Verbesserung in den Gewässereinzugsgebieten herbeigeführt werden, wobei hier auch nur günstige Voraussetzungen für angestrebte Entwicklungen geschaffen werden können; eine vollständige Regeneration degradierter Fließgewässer durch technische Umgestaltungsmaßnahmen innerhalb kurzer Zeitspannen ist nicht zu erwarten [LfU 1994b].

- Hoher Sanierungsaufwand = Geringe Schutzpriorität:
Eine Sanierung der Gewässer ist hier nur mit hohem (finanziellem) Aufwand oder gar nicht möglich, da es sich hierbei um stark anthropogen veränderte Einzugsgebiete mit einer mittleren bis geringen Qualität und einer hohen verkehrsbedingten Belastung handelt.
- Neckar:
Obwohl die Neckaraue in der Regel nur eine sehr geringe Qualität besitzt, muß sie prioritär saniert werden. Da der Neckar eine wichtige Rolle als Vorfluter spielt, ist es dringend notwendig, ihn von der Quelle bis zur Mündung in den Rhein durchgängig zu machen, um die Durchwanderbarkeit für Fließgewässerorganismen zu ermöglichen. Erst dann kann ein Individuenaustausch zwischen Teilpopulationen der Seitengewässer bzw. die Wiederbesiedlung von Seitengewässern durch Fische, Krebse und Muscheln erfolgen [ILPÖ 1996], [Peissner und Kappus 1998].

In prioritär sanierungswürdigen Wassereinzugsgebieten (Prioritätsstufe 2-3) sollten nur Maßnahmen zur weiteren Verringerung der Belastung stattfinden, um die Beeinflussung der Gewässer durch seitliche Stoffeinträge auf einem Minimum zu halten, Uferstreifen zu sichern oder neu anzulegen sowie das Retentionsvermögen zu erhalten bzw. zu erhöhen. Dies könnte durch eine Vielzahl von Maßnahmen erreicht werden [LfU 1994b]. Zunächst wäre der Bau von Regenrückhaltebecken zu nennen, z.B. mit biologischer Klärung des Straßenabflusses, zur Verringerung des Schadstoffeintrags in die Vorfluter (d.h. gezielte Sammlung des Straßenabflusses, um diffuse Schadstoffeinträge zu vermeiden). Denkbar wäre auch die Aufständigung von Straßen über empfindlichen Bereichen bzw. die Aufweitung von Brücken, um die Eingriffsfolgen und den Versiegelungsgrad möglichst gering zu halten bzw. die Durchlässigkeit in der Landschaft zu fördern. Wichtige Maßnahmen wären darüber hinaus die Stärkung der Selbstreinigungskraft durch Renaturierung von Fließgewässerabschnitten und Beseitigung von künstlichen Wanderungshindernissen (soweit möglich) sowie eine Aufwertung des Gewässersaumes durch die Anpflanzung standortgerechter, heimischer Gehölze. Schließlich ist noch der Rückbau von Straßen zur Verringerung der Zerschneidung und Versiegelung zu nennen, sowie die Ausweisung eines ausreichend breiten Gewässerrandstreifens, um direkte Schadstoffeinträge zu vermindern bzw. zu vermeiden.

Lärmbelastung

Ein landesweiter Schallimmissionsplan, aufgestellt im Jahr 1994, zeigt die Geräuschimmissionssituation jeweils für Quadrate von 200 m Kantenlänge [LfU 1995]. Im Mittel konnte ein Unterschied von 10 dB(A) zwischen den Tages- und Nachtimmissionen aufgezeigt werden. Diese Differenz ist wesentlich höher, als eine für die Region Stuttgart berechnete (ca. 5,7 dB(A); vgl. Kap. 7.2.2) und zeigt die überdurchschnittlich hohe Belastung dieses Raums. Als ruhig werden Gebiete mit einem Schallpegel

von weniger als 40 dB(A) bezeichnet, was für Baden-Württemberg auf 37 % der Landesfläche (13.600 km²) erfüllt ist. Innerhalb der Region Stuttgart wurde diese Norm 1995 tags nur auf 19,3 % der Fläche eingehalten, nachts auf 33,9 %. D.h. auch bei der Lärmbelastung liegt die Region Stuttgart über dem Landesdurchschnitt. Tags sind also fast 80 % der Fläche der Region Stuttgart als "nicht ruhig" zu bezeichnen und dabei ist der Bau- und Fluglärm noch nicht berücksichtigt. Daraus leitet sich die Bedeutung eines regionalen Schallimmissionsplanes ab, der für besonders belastete Regionen erstellt werden sollte und zwischen einem kommunalen Schallimmissionsplan (Maßstab 1:5.000 bis 1:10.000) und einem landesweiten Schallimmissionsplan liegt. Ein regionaler Schallimmissionsplan kann besonders belastete Bereiche identifizieren, für die dann auf kommunaler Ebene detailliertere Untersuchungen gemacht werden (vgl. auch Kap. 8.6.3).

Belastung durch Luftschadstoffe

Nach [LfU 1994a] pendelten sich die Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidimmissionen der Smoggebiete Baden-Württembergs zwischen 1988 und 1993 bei 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ein. Vergleicht man die Werte von 1993 mit einer zehnjährigen Meßreihe von 1980 bis 1990, so zeigt sich zwar keine statistisch gesicherte Veränderung der Konzentrationen, aber ein Trend des Belastungsrückgangs zeichnet sich ab. Der Mittelwert von 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Region Stuttgart (Tab. 8.6) läßt sogar einen deutlichen Rückgang erkennen. Bei einer Bewertung der mittleren Stickstoffdioxidbelastung Baden-Württembergs nach der Luftreinhalteverordnung der Schweiz (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als Zielwert), wurde eine Überschreitung auf 30 % der Landesfläche festgestellt. In der Region Stuttgart kam eine Überschreitung des schärferen projektspezifischen Zielwerts (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1995 sogar nur auf 17,3 % der innerörtlichen Fläche bzw. 26,2 % der Fläche außerorts vor (vgl. auch Tab. 7.3). Ein Vergleich der Fünf-Jahres-Intervalle von 1995 bis 2010 zeigt für Stickstoffdioxid eine deutliche Abnahme der mittleren Jahreswerte bzw. der Kurzzeitbelastung zwischen 1995 und 2000, während die Werte für 2000, 2005 und 2010 in der gleichen Größenordnung liegen (Tab. 8.6).

Vergleicht man die im Projekt WUMS berechneten Mittelwerte für Benzol mit den Mittelwerten aus Stichprobenmessungen 1990 bis 1992 an Luftmeßstationen, so wird der für die Region Stuttgart berechnete Mittelwert für das Jahr 1995 von 4,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nur an der Meßstation "Hafen" und einer Meßstation auf den Fildern erreicht. Die Werte der übrigen Meßstationen in der Region Stuttgart lagen 1990 bis 1992 deutlich darunter. Außerhalb des Neckarraumes war eine Überschreitung nur in Karlsruhe Mitte und Heidelberg gegeben. Der Länderausschuß für Immissionsschutz schlägt für den kanzerogenen Schadstoff Benzol einen in der Fläche gemessenen Jahresmittelwert von 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vor. Dieser Wert wird erst im Jahr 2000 erreicht werden (Tab. 8.6).

Die Region Stuttgart läßt sich bezüglich Ruß innerhalb des Landes Baden-Württemberg nicht einordnen, da keine landesweiten Vergleichswerte vorliegen. Grundsätzlich ist aber erkennbar, daß die Abnahme bei Ruß viel geringer ist als bei Benzol (beides sind kanzerogene Schadstoffe), was wahrscheinlich auf die starke Zunahme des LKW-Verkehrs zurückzuführen ist.

Tabelle 8.6: Mittelwerte für Luftschadstoffe der Region Stuttgart in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Schadstoff	1995	2000	2005	2010
NO ₂ (IW1)	36,0	28,5	26,8	27,1
NO ₂ (IW2)	81,9	64,9	61,7	62,4
Benzol	4,3	2,5	1,7	1,7
Ruß	4,4	3,5	3,1	3,2

8.6 Mögliche Umsetzung in der Planung

Das System der Raumordnung in der Bundesrepublik Deutschland teilt die Planungskompetenz in verschiedene Planungsebenen auf [Spitzer 1995]. Die raumordnungspolitischen Vorgaben des Bundes werden nur durch die Formulierung von Handlungsempfehlungen konkretisiert, die für das gemeindliche Ausweisungsverhalten kaum von Bedeutung sind [Bizer et al. 1998]. Regionalplanerische Steuerungsinstrumente können in zwei Kategorien eingeteilt werden. Es handelt sich dabei um Instrumente, die zum einen direkt die Siedlungsentwicklung beeinflussen (Ausweisung von Schwerpunktgebieten, Grünzäsuren etc.) und zum anderen die Siedlungsentwicklung durch Beeinflussung der Freiraumentwicklung steuern, wie z.B. durch regionale Grünzüge. Durch das BauROG 1998 (Bau- und Raumordnungsgesetz 1998) wird eine "nachhaltige städtebauliche Entwicklung" gefordert, die den gerechten Ausgleich der sozialen, ökonomischen und ökologischen Belange umfaßt [Schliepkorte 1998]. Die planerische Umsetzung liegt jedoch in der Verantwortung der Gemeinden.

Schnittstellenfunktion zwischen übergeordneter Regionalplanung und der Bauleitplanung auf Gemeindeebene ist der Flächennutzungsplan, der "einerseits übergeordnete Pläne der Landes- und Regionalplanung umsetzen (§1 Abs. 4 BauGB) und andererseits nachfolgende örtliche Planungen der Gemeinden vorbereiten und lenken" soll ([Bizer et al. 1998]).

Veränderungen des Verhältnisses Städtebau zu Naturschutz wurden durch die Neuregelung der Eingriffsregelung in §8a BNatSchG und §1a BauGB (Abs. 1 enthält die Bodenschutzklausel mit der Verpflichtung "Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen") eingeleitet [Schliepkorte 1998]. Die Bodenschutzklausel verpflichtet die Gemeinden zu einem möglichst geringen Flächenverbrauch. Allerdings bedeutet sie nach wie vor kein durch Abwägung unüberwindbares Planungshindernis. §8a BNatSchG zwingt die Gemeinden jedoch, kompensatorisch mit jeder zusätzlichen Ausweisung von Siedlungsgebieten und Verkehrsflächen Ausgleichsflächen bereitzustellen. Auf der Ebene des Flächennutzungsplans können, unabhängig vom konkreten Eingriff, Flächen mit Ausgleichsfunktion ausgewiesen werden.

Die Festsetzung eines Entsiegelungsgebots ist nur dort möglich, wo eine Überplanung und Änderung der zulässigen baulichen oder sonstigen Nutzung eines Gebiets vorgenommen wird. Durch Inkrafttreten des BauROG wird aber künftig ein Rückbau- und Entsiegelungsgebot möglich sein. Mit der Änderung des §179 des BauGB können Rückbaugesuche zur Wiedernutzung von Flächen ausgesprochen werden [Hoffjann 1998]. Solange allerdings kein Anreiz für die Kommunen geschaffen wird, das Ziel der Enquête-Kommission zu erreichen, wird die Flächenversiegelung nicht nennenswert zurückgehen. Es existiert zwar ein enges Netz, in das die Flächenausweisung eingebunden ist, von der Bundesebene bis zur kommunalen Ebene, wobei die jeweils tiefere Ebene verpflichtet ist, die Vorgaben der übergeordneten Planung einzuhalten. Letztendlich aber führen die Kommunen die Flächenausweisung durch. Dabei werden andere Prioritäten gesetzt, sodaß die Vorgaben für die örtliche Planung am "Schutzschild der kommunalen Selbstverwaltung" abprallen [Bizer et al. 1998].

8.6.1 Strategische Umweltprüfung

Umweltverträgliche Mobilität kann nicht durch Verträglichkeitsstudien einzelner Baumaßnahmen beurteilt werden, sondern muß, um Ausweicheffekte zu vermeiden, für einen größeren Raum definiert werden [Stauch und Kaule 1999]. Die Verbesserung der Situation eines Belastungseffektes darf nicht durch die Verschlechterung eines anderen erkauft werden, wie z.B. die Verringerung der Schadstoffbelastung innerorts durch Erhöhung der Flächenzerschneidung außerorts. Die in der Objektebene I (Ebene der Wassereinzugsgebiete) bewerteten Belastungen werden von der Umweltgesetzgebung nicht abgedeckt, d.h. eine Analyse der Auswirkungen der Verkehrsbelastungen im regionalen Maßstabsbereich läßt sich in die gegenwärtige Gesetzgebung nicht integrieren.

Die Umweltgesetze aus den 70er Jahren - von [Bechmann und Hartlik 1998] auch Umweltgesetze der ersten Generation genannt - sind sektoral und medial angelegt. Dazu gehören das Bundesimmissionsschutzgesetz oder das Bundesnaturschutzgesetz. Umweltgesetze der zweiten Generation aus

den 90er Jahren sind dagegen transmedial und transsektoral, sie weisen also systemare Perspektiven im Sinne von Nachhaltigkeit, Querschnittsorientierung und Integration aller Umweltmedien auf, wie z.B. das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung, das 1990 in Kraft trat. Umweltverträglichkeitsprüfungen, wie sie bisher gesetzlich vorgeschrieben sind, müssen allerdings nur bei bestimmten Eingriffen erstellt werden, beispielsweise dem Bau eines Autobahnabschnitts, einer Müllverbrennungsanlage, etc. Eine UVP zur Festlegung einer Politik für eine Region ist bislang noch nicht möglich. Die Richtlinie 97/11/EG der EU-Kommission, die im Jahre 1997 verabschiedet wurde, stellt eine Plan- und Programm-UVP dar. Eine solche Verträglichkeitsprüfung wird auch strategische Umweltprüfung (SUP) genannt [Hoppenstedt 1998]. Diese ist mit dem Inkrafttreten der UVP-Änderungsrichtlinie im März 1999 in Deutschland direkt anzuwenden, da eine Umsetzung in deutsches Bundes- oder Landesrecht fehlt. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat im Juni 1999 "Empfehlungen für Vollzugshinweise der Länder zur Anwendung der UVP-Änderungsrichtlinie und der ihr zugrunde liegenden UVP-Richtlinie" herausgegeben [Auge 1999]. Diese Empfehlungen sind nicht verbindlich, werden aber die relevante Handlungsgrundlage für die UVP-Praxis sein. Bei der Zuordnung UVP-pflichtiger Vorhaben zu entsprechenden Zulassungsverfahren wurde der gesamte Bereich der Verkehrsinfrastrukturvorhaben vollständig ausgeklammert. Dort hätte man (Wassereinzugs-)Gebiete mit hoher Maßnahmen- und/oder Schutzpriorität festlegen können.

Im derzeit gültigen Bundesverkehrswegeplan (BVWP) von 1992, der ursprünglich bis 2012 gelten sollte, sind ökologische Gesichtspunkte kaum berücksichtigt. Nur bei Straßenvorhaben von mehr als 10 km Länge erfolgt eine Umweltrisikoeinschätzung, wobei " ... auf der Ebene des BVWP in der Regel weder eine Verträglichkeit noch eine Unverträglichkeit eines Projektes bezüglich der Umwelt ausgesprochen werden kann" [BVWP 1992]. Zudem ist die Umweltrisikoeinschätzung eine einzelfallbezogene Bewertung mit qualitativ-argumentativer Bewertung der Umweltbelange [Hoppenstedt 1998]. Auswirkungen auf den landschaftlichen Freiraum werden nicht bewertet. Dieser BVWP soll noch in der laufenden Legislaturperiode revidiert werden (vwd Vereinigte Wirtschaftsdienste vom 18.3.99). Auf einer Tagung der Friedrich-Ebert-Stiftung und des Bundes für Umwelt (BUND) am 18. März 1999 (unter Teilnahme des Bundesverkehrsministeriums und des Umweltbundesamtes) haben Experten deutlich gemacht, daß strategische Umweltverträglichkeitsprüfungen für Verkehrsprojekte künftig anzustreben sind.

8.6.2 Schutzgebietsausweisung

Flächen- und Objektschutz ist das klassische Steuerungsinstrument des Naturschutzes [Gassner 1995]. Durch das im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) festgelegte Schutzsystem wird für ein individuell identifiziertes Gebiet oder Objekt eine eigene rechtliche Ordnung geschaffen (das sogenannte Partikularrecht). Es können Wirtschafts-, Verkehrs- oder Erholungsaktivitäten reglementiert oder ganz untersagt werden.

Der Schutz unzerschnittener Räume ist durch bisher vorhandene Schutzgebietskategorien aber nur schwer durchzuführen. Innerhalb der Schutzgebiete ist zwischen Flächen- und Objektschutz zu unterscheiden. Schutzkategorien der Gruppe Objektschutz beziehen sich nicht auf Gebiete, sondern auf individualisierbare Bestandteile von Natur und Landschaft [Gassner 1995]. Auch wenn die Abgrenzung zum Flächenschutz mitunter fließend ist, kommt Objektschutz zur Sicherung unzerschnittener Räume aufgrund der geringen Flächenausdehnung nicht in Frage. Aber auch innerhalb der Schutzkategorien der Gruppe des Flächenschutzes läßt sich die Erhaltung unzerschnittener Räume nur schwer integrieren. Die Gründe hierfür werden im folgenden für die verschiedenen Schutzgebietskategorien erläutert.

1. Naturschutzgebiete (§13 BNatSchG)

Es müssen wissenschaftliche, naturgeschichtliche oder landeskundliche Gründe für den Schutz angeführt werden, oder es ist Seltenheit, besondere Eigenart oder hervorragende Schönheit für die Unterschutzstellung erforderlich. Hier gilt ein absolutes Veränderungsverbot. Diese Schutzziele sind aber bei den unzerschnittenen Räumen häufig nicht vorhanden, da in einem solchen Raum auch Siedlung oder Infrastruktureinrichtungen vorhanden sein können.

2. Nationalpark (§14 BNatSchG)

Hier widersprechen vor allem die Nummern 2 und 3 des Paragraphen, in denen es heißt, daß das Gebiet eines Nationalparks im überwiegenden Teil die Voraussetzungen eines Naturschutzgebietes erfüllen muß, bzw. sich in einem vom Menschen nicht oder wenig beeinflussten Zustand befinden darf.

3. Landschaftsschutzgebiete (§15 BNatSchG)

Einer der folgenden Schutzgründe muß für eine Ausweisung vorhanden sein (§15 BNatSchG):

- Die Erhaltung oder Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes oder der Nutzungsfähigkeit der Naturgüter,
- die Vielfalt, Eigenart oder Schönheit des Landschaftsbildes oder
- die besondere Bedeutung des Gebietes für die Erholung.

Die beiden letzteren Gründe werden für große unzerschnittene Räume in den meisten Fällen nicht zutreffen. Bleibt nur noch die erste Begründung, wobei nur mit einer Kombination von schützenswerten Naturgütern argumentiert werden kann.

4. Naturpark (§16 BNatSchG)

Diese Schutzkategorie ist stark auf die Nutzungsfunktion Erholung ausgerichtet und soll nach den Grundsätzen und Zielen der Raumordnung und Landesplanung für die Erholung oder den Fremdenverkehr vorgesehen sein (§16 Abs. 1 Nr. 4 BNatSchG). Naturparks müssen außerdem eine Mindestfläche von 10.000 ha umfassen.

Der Schutz großer unzerschnittener Räume ließe sich am ehesten durch die Ausweisung eines Landschaftsschutzgebietes realisieren. Dazu müßte ein Schutzgut "Großer unzerschnittener Raum" (GUZR) in der Gesetzgebung verankert werden [Waterstraat et al. 1996]. Als Schutzgrund könnte dann nach §15 Abs. 1 BNatSchG "die Erhaltung oder Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes oder der Nutzungsfähigkeit der Naturgüter" gelten. Bis jetzt müßte man solche Gebiete aufgrund von Kombinationen bisher genannter Schutzgüter (Arten und Lebensgemeinschaften, Gestein, Boden, Wasser, Luft, Klima oder Erlebniswirksamkeit) unter Schutz stellen. Bei Ausweisung eines Schutzguts GUZR müßte dessen Definition innerhalb einer Verordnung durch die Länder geregelt werden, die einem GUZR je nach Region auch unterschiedliche Größen zuweisen sollten. Beispielsweise sollte ein GUZR innerhalb eines Ballungsgebietes wie dem der Region Stuttgart anders, d.h. kleiner, definiert sein, als innerhalb von ländlich geprägten Räumen. Nach §15 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG gilt nicht nur die Erhaltung, sondern auch die Wiederherstellung von Leistungs- bzw. Nutzungsfähigkeit von Naturhaushalt und Naturgut als Schutzgrund, wobei die Betonung auf der Wiederherstellung liegt [Gassner 1995]. Die Auslegung dieses Begriffes hat sowohl die Sanierung als auch die Entwicklung zu umfassen. Dies würde bedeuten, daß ein Raum auch dann als LSG ausgewiesen werden kann, wenn sein Potential zur Wiederherstellung eines GUZR erkannt würde und durch bauliche Maßnahmen (Rückbau von Straßen) erreicht werden könnte.

8.6.3 Luftreinhalte- und Lärminderungsplanung

Der Bereich der Objektebene II (Belastung durch Luftschadstoffe und Lärm) wird in der Gesetzgebung durch den §47 BImSchG (Luftreinhaltepläne) bzw. den §47a BImSchG (Lärminderungsplan) abgedeckt. Diese Paragraphen legen fest, daß bei Überschreitungen der geltenden Immissionsleitwerte die Belastung durch einwirkende Lärmquellen bzw. Luftschadstoffe zu erfassen und Maßnahmen zur Minderung aufzustellen sind.

Luftreinhaltepläne erfordern die Aufstellung verschiedener Pläne bzw. Kataster. Sie umfassen ein Emissions- und Immissionskataster im 1 km²-Raster, ein Wirkungskataster, eine Ursachenanalyse sowie die Aufstellung gezielter Maßnahmen zur Verringerung der Belastungen [Reuter et al. 1991].

Lärminderungspläne sind für Wohngebiete und andere schutzwürdige Gebiete aufzustellen, worunter Sondergebiete, die der Erholung dienen (Wochenendhausgebiete, Ferienhausgebiete und Campingplatzgebiete nach §10 BauNVO) und sonstige Sondergebiete (z.B. Kurgebiete, Gebiete für Fremdenbeherbergung, Hochschul- und Klinikgebiete nach §11 Abs. 2 BauNVO) zu verstehen sind. Grundlage für die Aufstellung von Lärminderungsplänen sind Schallimmissionspläne, in denen die gegenwärtige Lärmsituation dargestellt wird, woraus dann Konfliktbereiche abgeleitet werden. Voraussetzung ist dabei nach §47a Abs. 2 BImSchG, daß es sich nicht nur um vorübergehende schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche handelt. Die Ausgestaltung von Schallimmissionsplänen wird in der DIN 45682 (E) "Schallimmissionspläne" von 1997 festgelegt [Baumüller et al. 1994]. Dabei können drei Schritte ausgewiesen werden: Die Darstellung (1) des IST-Zustands hinsichtlich der Lärmsituation, (2) der Immissionsempfindlichkeit der Gebiete, und (3) der Konfliktbereiche, die durch Überlagerung der ersten beiden Pläne zustande kommen. Ein Schallimmissionsplan wird für die Belastungen durch Straßenverkehr, Schienenverkehr sowie Gewerbe- und Freizeitanlagen jeweils getrennt aufgestellt, der Anteil der Belastung durch Verkehrslärm beträgt aber über 90 % [LfU 1995]. Nach einer energetischen Pegeladdition kann ein solcher Gesamtkonfliktplan erstellt werden, aus dem sich dann wiederum ein Lärminderungsplan mit konkreten Maßnahmen ableiten läßt [Scheyhing 1999].

Innerhalb von WUMS wurde ein Gesamtkonfliktplan für die beiden Lärmquellen Straßen- und Schienenverkehr für die gesamte Region Stuttgart erarbeitet (siehe auch Kap. 7.2.2). Da für den Neubau von Verkehrswegen wesentlich strengere Grenzwerte gelten als für bestehende Straßen, ist eine realistische Verkehrsprognose sowie die Einbeziehung bereits bestehender Lärmbelastungen von großer Bedeutung, denn nur aufgrund eines Neubaus oder erheblichen baulichen Eingriffs besteht Anspruch auf Schallschutzmaßnahmen. Dies zeigt die Bedeutung einer realistischen Verkehrsmodellierung, da in der Vergangenheit Verkehrsprognosen immer wieder durch die tatsächliche Entwicklung überholt wurden. Auch die Modellverbesserung bezüglich der Hintergrundbelastung gewinnt hierdurch an Bedeutung [LfU 1995].

In der Umwelt-, Gesundheits- und Verkehrspolitik nimmt die Lärmbekämpfung aber meist nicht den Rang ein, der ihr hinsichtlich ihrer Belästigungswirkung zustehen würde [LfU 1995]. Dies mag daran liegen, daß das Potential der technischen Lösungen im Vergleich zur Luftverschmutzung wesentlich geringer ist, d.h. nur weniger Verkehr würde zu einer spürbaren Entlastung führen. Ein Mobilitätsverzicht (wobei Mobilität von der Gesellschaft immer als Mobilität mit dem Auto verstanden wird) kommt aber für den größten Teil der Bevölkerung nicht in Frage. Dagegen ist erfolgreiches Verkehrsmanagement gefragter denn je, um den Verkehr wieder ins Rollen zu bringen.

8.7 Ausblick

Auch wenn eine GIS-gestützte automatisierte Bearbeitung von Planungsaufgaben viele Erleichterungen bringt, so muß man sich doch der Unsicherheiten und Fehlerquellen bewußt sein. Diese sind zum einen in den Daten begründet, deren Fehlerquellen ganz unterschiedlicher Natur sein können. Sie können technischer (inkompatible Formate, unterschiedliche Projektionsarten, unterschiedliche Maßeinheiten, Daten sind nicht aktuell), konzeptioneller (unterschiedliche Datenmodelle, fehlende Dokumentation) oder institutioneller Natur sein (Daten unterliegen dem Datenschutz oder sind zu teuer). Die Interoperabilität von Geoinformationen und Anwendungen wird durch das OpenGIS Consortium⁵ (OGC) gefördert. Es handelt sich dabei um einen Zusammenschluß von Anbietern und Anwendern Geographischer Informationssysteme und verfolgt durch die Erarbeitung gemeinsamer offener Schnittstellen das Ziel der allgemein zugänglichen Nutzung von Geodaten auf breitester Basis. Wünschenswert wäre eine Integration, bei der Daten zwischen GIS und dem Analysemodul ausgetauscht werden können, ohne daß Eigenschaften wie Topologie, Metadaten oder verschiedene andere Beziehungen verloren gehen [Goodchild 1992].

⁵<http://www.opengis.org>

Raumbezogene Daten besitzen außerdem diverse inhärente Probleme. Sie sind schwierig zu bearbeiten, teilweise unscharf und sie produzieren zusätzliche Fehler bei verschiedenen GIS-Analysen, wie z.B. Überlagerungen [Openshaw 1990]. Bei Umweltmodellen gewinnt die Verarbeitung von sowohl qualitativem als auch unsicherem Wissen eine zusätzliche Bedeutung [Grützner et al. 1995]. Konventionelle GIS behandeln raumbezogene Daten als exakte Objekte (Punkt, Linie, Fläche) oder diskretisierte Raster (pixel, voxel). Diese Wahrnehmungsart ist angemessen bei anthropogen erzeugten Objekten, wie "Flurstücken", "Häusern", oder "Verwaltungseinheiten". Bei geographischen Phänomenen, die über mehrere Maßstabebenen gleichzeitig variieren, nicht exakt definiert werden können oder dynamisch und probabilistisch sind (also die natürliche Welt), ist ein solcher Ansatz unangemessen [Burrough und Frank 1995]. Es wäre zu überprüfen, inwieweit ein "fuzzy"-Ansatz für das hier behandelte Problem der Flächenzerschneidung angemessen ist und inwieweit die Ergebnisse von dem hier vorgestellten Ansatz abweichen.

Der Einsatz eines GIS stellt hohe Anforderungen an Nutzer und Nutzerinnen. Eine Fachanwendung erfordert nicht nur projektspezifische Qualifikation, sondern ebenso technisches und methodisches Verständnis des GIS. Um ein GIS vollständig nutzen zu können, müssen beim Anwender die in Kap. 3.1.4 erwähnten Wissensarten Umweltwissen, prozedurales und strukturelles Wissen vorhanden sein. Obwohl das von [Blaschke 1997] geforderte Desktop-GIS zunehmend Verbreitung findet, und Geo-Informationssysteme in Behörden und Planungsbüros zunehmend Einzug hält, ist die Hemmschwelle zur Nutzung des GIS als Analysewerkzeug noch immer hoch. Dies ist z.T. darin begründet, daß das gerade gewünschte Analyseverfahren nicht immer vorhanden ist und daher selber programmiert werden muß. Außerdem sollten die Analysemöglichkeiten eines GIS vor Beginn eines Projekts bekannt sein, um sie erschöpfend nutzen zu können und um das Projekt von Beginn an adäquat zu strukturieren.

Fehlende Aggregationstechniken zur transparenten schutzgutübergreifenden Bewertung der Umweltauswirkungen gehören ebenfalls zu den Defiziten von Geo-Informationssystemen. Außerdem existieren derzeit keine vorsorgeorientierte Maßstäbe zur Bewertung von Raumbelastbarkeiten durch Verkehrsinfrastruktur [Hoppenstedt 1998]. Wichtig bei der Methodenentwicklung ist die Flexibilität der Werkzeuge, so daß die Verfahren auf unterschiedlichste Weise kombiniert werden können und ein Ergebnisvergleich im Sinne einer Sensitivitätsanalyse auf komfortable Weise möglich ist. Eine Benutzeroberfläche würde die Anwendung der hier vorgestellten Analyse erleichtern und würde die Akzeptanz in der Planungspraxis erhöhen.

Ein Nachteil bei der Immissionsmodellierung nach dem Merkblatt für Luftverunreinigungen (MLuS-92) ist die begrenzte Gültigkeit für einen 200 m breiten Seitenstreifen links und rechts der Straße. Die Verwendung von PROKAS, ein PC-Programm, ist derzeit aufgrund seiner hohen Rechenzeit nicht geeignet, um die gesamte Region Stuttgart bezüglich ihrer Immissionsbelastung zu berechnen, obwohl die meisten Eingabeparameter vorhanden wären. Eine Implementation dieses Ausbreitungsmodells unter UNIX, z.B. in der Programmiersprache C, würde dies ermöglichen. Eine Schnittstelle zu einem Geo-Informationssystem würde den Vorteil einer raschen Visualisierung und die Möglichkeit der Interpolation der berechneten Aufpunkte auf die Fläche bringen. Eine Flächenbilanzierung wäre bei einer GIS-Anbindung ebenfalls möglich.

Um Datenfriedhöfe zu vermeiden, sollte der Schwerpunkt auf der Auswertung vorhandener digitaler Datensätze liegen. Das in Deutschland fast flächendeckend vorliegende Informationssystem ATKIS bietet die Möglichkeit der Auswertung großer Räume. Auch die zur Zeit noch im Aufbau befindliche ALK könnte die Qualität der Eingabeparameter für die Immissionsmodelle verbessern. Dafür müssen die Anwendbarkeit vorhandener Analysemöglichkeiten auf unterschiedliche Fragestellungen geprüft und neue Analysemethoden geschaffen werden.

Kapitel 9

Zusammenfassung

Der stetig zunehmende Ausbau von Verkehrswegen hat eine erhebliche Flächeninanspruchnahme zur Folge. Die Ressource "gering belasteter Freiraum" ist jedoch nicht vermehrbar und wird daher zu einem kostbaren Gut, das es zu schützen gilt. Der Verkehrsplanung kommt deshalb die Aufgabe zu, negative Auswirkungen durch den Verkehr zu minimieren. Allerdings wird im Rahmen der Verkehrsmodellierung von den wesentlichen verkehrsbedingten Umweltproblemen bisher meist nur die Immissionsbelastung durch Luftschadstoffe und Lärm berücksichtigt. Die Flächenzerschneidung, definiert als eine durch anthropogene chronische Störung verursachte "divisive" Fragmentierung, findet hingegen nur in Ausnahmefällen Berücksichtigung.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines GIS-gestützten Verfahrens zur Analyse und Bewertung der beiden verkehrsbedingten Belastungsarten Flächenzerschneidung und Immissionsbelastung. Die Effekte der Netzdichte stehen dabei im Vordergrund der vorliegenden Untersuchung. Dabei muß das Leitbild "Umweltverträgliche Mobilität", um Ausweicheffekte zu vermeiden, für einen größeren Raum definiert werden. Diese Arbeit kann daher in planerischer Hinsicht als Raumempfindlichkeitanalyse eingeordnet werden, die dazu beitragen soll, den Raum hinsichtlich seiner verkehrsbedingten Umweltbelastung zu differenzieren. Die hier vorgestellte Analyse für die Region Stuttgart wurde im Rahmen des Projekts WUMS¹ durchgeführt. Eine Bewertung auf der regionalen Maßstabsebene erfordert die Nutzung bereits vorhandener digitaler Daten. Wichtigste Datengrundlage war daher ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem Deutschlands), das seit 1997 flächendeckend für die Region Stuttgart vorhanden ist. Weitere Eingangsdaten stellten Modellierungsergebnisse sowie ökologische Daten aus dem Projekt WUMS dar. Dieses digitale Datenmaterial war Grundlage für eine automatisierte Ableitung von Indikatoren zur Analyse und Bewertung umweltrelevanter verkehrsbedingter Auswirkungen in der Region Stuttgart. Zur Verknüpfung der Indikatoren wurden mehrkriterielle Bewertungsverfahren eingesetzt.

Für drei verschiedene planerische Bezugseinheiten - Typebene (Bezugsraum: ganze Region), Objektebene I (Bezugsraum: Wassereinzugsgebiet) und Objektebene II (Bezugsraum: Straßen- bzw. Schienenkorridor) genannt - konnten verkehrliche Auswirkungen auf die Umwelt erfaßt werden. Die Wahl verschiedenartiger Bezugsräume soll die unterschiedliche Aussagekraft der Indikatoren auf verschiedenen Wirkungsebenen dokumentieren.

Methoden zur Analyse der verkehrsbedingten Belastungen in den genannten Bezugsräumen wurden mittels Nutzung der Analysefunktionalitäten des GIS-Produkts ARC/INFO, sowie deren Erweiterung durch externe Programmierung entwickelt:

- **Typebene** (Gesamte Region): Entwicklung von GIS-Methoden zur Ausweisung von Räumen, die für die gesamte Region Bedeutung haben. Es wurden zwei Indikatoren entwickelt, zum einen ein Indikator Freiflächenanteil, zum anderen ein Indikator unzerschnittene Räume.
- **Objektebene I** (Wassereinzugsgebiet): Entwicklung eines Modells zur Analyse der Flächenzerschneidung, das innerhalb der Region Stuttgart eine Differenzierung bezüglich des Risikos oder Gefährdungspotentials gegenüber verkehrsbedingter Belastung zuläßt. Die Objektebene I konkretisiert die Belastung durch die Netzdichte.

¹"Wege zu einer umweltverträglichen Mobilität am Beispiel der Region Stuttgart" - Ein interdisziplinäres Projekt mit dreijähriger Laufzeit (10/1995 - 12/1998), gefördert von verschiedenen Ministerien Baden-Württembergs (Wissenschaft und Forschung, Umwelt und Verkehr, Wirtschaft) sowie dem Verband Region Stuttgart.

Das Risiko wird dabei als Funktion der Vorbelastung und Zusatzbelastung sowie der Empfindlichkeit gegenüber verkehrlicher Belastung definiert. Sowohl Vor- als auch Zusatzbelastung wurden durch verschiedene Indikatoren operationalisiert, die daraufhin über den Einsatz mehrkriterieller Methoden aggregiert wurden. Im folgenden werden die Modellgrößen Vorbelastung, Zusatzbelastung und Risiko kurz beschrieben.

Die Vorbelastung wurde als Funktion von der Raumkategorie, der Gewässerrandnutzung und der Verbauung der Gewässer abgebildet. Der Indikator Raumkategorie differenziert die Region nach ihrer Urbanität. Zur Ableitung der drei Ausprägungen urban, suburban und ländlich wurde die Verteilung der unzerschnittenen Räume herangezogen. Das Kriterium Randnutzung konnte über eine Bewertung der Verteilung der ATKIS-Objektarten erstellt werden, das Merkmal Verbauung ließ sich direkt aus ATKIS ableiten. Mit Hilfe des Analytical Hierarchy Process (AHP), einem mehrkriteriellem Verfahren aus der Gruppe des paarweisen Vergleichs, wurden die drei Indikatoren verknüpft, woraus dann der Parameter Vorbelastung abgeleitet werden konnte. Innerhalb des AHP war es möglich, eine Gewichtung dieser drei Indikatoren vorzunehmen.

Die Zusatzbelastung ist als additive Verknüpfung von Betriebs- und Anlageindikator definiert. Der Betriebsindikator stellt die Summe der Fahrleistung für jedes Einzugsgebiet dar, der Anlageindikator berücksichtigt die Belastung durch den Bau der Straße. Dabei gingen die Faktoren Querung Straße/Gewässer, Straßenbreite sowie das Verhältnis Länge der Streckenabschnitte zu Länge der Gewässerabschnitte ein. Eine Aggregation von Vor- und Zusatzbelastung ergab schließlich die Gesamtbelastung. Dazu wurde ebenfalls ein Verfahren des paarweisen Vergleichs, die Qualitative Konkordanzanalyse, verwendet.

Das Risiko, das die Gefährdung eines Gebietes gegenüber verkehrsbezogener Belastung darstellt, wurde über eine Verknüpfung der Gesamtbelastung mit der Empfindlichkeit in einer Präferenzmatrix ermittelt. Entscheidungsträger haben somit die Möglichkeit, explizite Prioritäten festzusetzen. Die Empfindlichkeit der Schutzgüter Grundwasser, Boden sowie Auen/Oberflächengewässer hinsichtlich verkehrsbedingten Belastungen wurde mittels Anwendung der disjunktiven Methode auf den Bezugsraum Wassereinzugsgebiet regionalisiert. Dies ergab eine Gesamtempfindlichkeit des Untersuchungsraums. Aus dem Risiko konnte daraufhin eine Handlungspriorität zur Verringerung von bzw. zum Schutz vor (weiterer) verkehrsbedingter Belastung abgeleitet werden.

- **Objektebene II** (Straßen- bzw. Schienenkorridor): Bilanzierung der durch Luftschadstoffe und Lärm belasteten Flächen zwischen den Jahren 1995 und 2010 (in 5-Jahres Intervallen).

Die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte dient besonders der Gefahrenabwehr. Zur Integration des sogenannten Vorsorgeaspekts wurde Belastung daher nicht nur als Überschreitung des Grenzwerts dargestellt, sondern noch durch zwei zusätzliche Ziele, Vorsorge- und Zielwert, konkretisiert. Die Problematik dieser in WUMS verwendeten Einteilung wird diskutiert und eine weitere Methode zur Integration des Vorsorgeaspektes vorgeschlagen. Außerdem konnten die durch Luftschadstoffe belasteten Flächen durch eine GIS-gestützte Methode hinsichtlich der kumulativen Wirkungen, die im Immissionsmodell MLuS-92 nicht integriert sind, weiter differenziert werden.

Ein Vergleich der für die Typebene entwickelten Indikatoren ergab, daß der Indikator Unzerschnittene Räume eine größere räumliche Differenzierung vor allem des ländlichen Raums zuläßt. Beide Indikatoren sind geeignet, Belastungsschwerpunkte innerhalb der Region zu bestimmen. Welcher Indikator letztendlich Verwendung findet, ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Datengrundlage. Auf der Objektebene I stellte sich die hohe Belastung der Region Stuttgart durch einen geringen Anteil schutzwürdiger Flächen (ca. 22 %) und einen hohen Anteil sanierungsbedürftiger Flächen (ca. 80 %) dar. Die eingesetzten mehrkriteriellen Verfahren aus der Gruppe des paarweisen Vergleichs erwiesen sich als geeignet, um eine Rangfolge der Wassereinzugsgebiete hinsichtlich der Vor- bzw. Gesamtbelastung zu erreichen. Sie ließen eine wesentlich höhere Differenzierung des Bearbeitungsgebietes zu,

als durch eine reine Anwendung von Verschneidungstechniken zu erzielen wäre. Während hinsichtlich der Luftschadstoffimmissionen ein starker Rückgang der Belastung in der Region Stuttgart bis 2010 prognostiziert werden kann, ist in der kommenden Dekade keine Verminderung der Lärmbelastung abzusehen. Eine Gegenüberstellung der für die Region Stuttgart ermittelten Ergebnisse bezüglich Flächenzerschneidung, Luftschadstoff- und Lärmimmissionen mit Werten für das Bundesland Baden-Württemberg, verdeutlicht die besondere verkehrsbedingte Belastung des Stuttgarter Raumes innerhalb des Landes. Durch die digitale Ableitung sowohl der Bezugseinheiten als auch aller Informationen zur Analyse und Bewertung dieser Bezugsräume wurde der Bewertungsansatz nachvollziehbar.

Im Diskussionsteil dieser Arbeit wird unter anderem eine Einordnung des entwickelten Ansatzes zur Bewertung verkehrsbedingter Belastung als auch einzelner Methoden in bereits bestehende Modellierungsverfahren und methodische Ansätze vorgenommen. Der hier aufgestellte Bewertungsablauf kann als Grundlage für ein Spatial Decision Support System (SDSS) gesehen werden, da alle wesentlichen Verfahrensschritte integriert wurden: Problemdefinition, Aufstellung von Alternativen und Kriterien sowie Bewertung der Alternativen. Der Analyseteil eines SDSS muß aus drei Bausteinen bestehen: (1) Raumbezogene Analyse (traditionelle GIS-Analyse), (2) Bewertung (in vielen GIS-Produkten noch nicht integriert) sowie (3) an die Problemstellung angepaßte Methoden und Modelle.

Darüber hinaus werden die Problematik der Bewertung (ein omnipräsentes Thema innerhalb der Planung) sowie Vor- und Nachteile der hier verwendeten Bewertungsverfahren erörtert. Für den politischen Entscheidungsprozess sind sowohl die aus der Sachebene abzuleitende wissenschaftlich-fachliche Bewertung, als auch eine nachfolgende politisch-gesellschaftliche Bewertung notwendig. Der im Zuge dieser Arbeit entwickelte Bewertungsansatz ist dabei der wissenschaftlich-fachlichen Bewertungsebene zuzuordnen. Abschließend wird die Bedeutung einer digital gestützten Raumempfindlichkeitsanalyse bzw. einer strategischen Umweltverträglichkeitsprüfung großer Verkehrsprojekte für die Planung diskutiert. Zur Erhaltung eines gewissen Freiraumanteils speziell in Ballungsgebieten ist es notwendig, das Schutzgut "Großer unzerschnittener Raum" in der Gesetzgebung zu verankern.

Im Ausblick werden verschiedene, noch nicht zufriedenstellend gelöste Aspekte bei der Nutzung von Geo-Informationssystemen in der Planung angesprochen. Zu den ungelösten Aufgaben gehören die bisher lediglich in unzureichendem Maße vorhandenen Methoden zur Behandlung qualitativen bzw. unsicheren Wissens. Außerdem schränkt die fehlende Interoperabilität der Daten und Anwendungen eine erschöpfende Nutzung vorhandener Software ein. Schließlich wäre die Einbindung vieler verschiedener Bewertungsverfahren in einem Analysemodul notwendig. Damit ließe sich sowohl zur Ermittlung der "besten" Bewertungsmethode für ein bestimmtes Problem, als auch die Kombination der für das jeweilige Teilproblem am besten geeigneten Verfahren bewerkstelligen. Nicht zuletzt sind es die hohen Anforderungen an Nutzer, die sowohl Umweltwissen, als auch prozedurales und strukturelles Wissen besitzen müssen, die die vollständige Nutzung eines GIS behindern.

Literaturverzeichnis

- Ament, R. [1992], 'ATKIS - Datenbank und Datenaustausch', *DVW Mitteilungen* 39(2), 17–77.
- Anselin, L. und Getis, A. [1993], Spatial Statistical Analysis and Geographic Information Systems, *in: M. Fischer und P. Nijkamp, Hrsg., 'Geographic Information Systems, Spatial Modelling and Policy Evaluation'*, Springer Verlag, Wien, 35–50.
- Apel, D. und Henckel, D. [1993], *Möglichkeiten der Steuerung des Flächenverbrauchs und der Verkehrsentwicklung - Flächenverbrauch als Grundproblem der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung*, Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin.
- Arentze, T., Borgers, A. und Timmermans, H. [1996], 'Design of a view-based DSS for location planning', *International Journal of Geographical Information Systems* 10(2), 219–236.
- ARL [1997], 'Open Space in Urban Areas', Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.
- Armstrong, M. und Densham, P. [1990], 'Database Organization Strategies for Spatial Decision Support Systems', *International Journal of Geographical Information Systems* 4(1), 3–20.
- Armstrong, M., Rushton, G., Honey, R., Dalziel, B., Lolonis, P., De, S. und Densham, P. [1991], 'Decision Support for Regionalization: A Spatial Decision Support System for regionalizing Service Delivery Systems', *Computer, Environment and Urban Systems* 15, 37–53.
- ATKIS [1991], 'ATKIS-Objektartenkatalog ATKIS-OK 25/1 für Baden-Württemberg', Innenministerium Baden-Württemberg, Stand: 01.05.1991.
- Auge, J. [1999], 'Empfehlungen zur Direktanwendung der UVP-Änderungsrichtlinie', *UVP report* 3/99, 116.
- Avery, T. und Berlin, G. [1985], *Interpretation of Aerial Photographs*, 4. Aufl., Burgess, Minneapolis.
- Bachfischer, R. [1978], *Die ökologische Risikoanalyse - eine Methode zur Integration natürlicher Umweltfaktoren in die Raumplanung*, Technische Universität München, Dissertation.
- Bächtold, H., Gfeller, M., Kias, U., Sauter, J., Schiller, R. und Schmid, W. [1995], *Grundzüge der ökologischen Planung*, ORL-Berichte 89, Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung, ETH Zürich.
- Bailey, T. [1994], A Review of statistical Spatial Analysis in Geographic Information Systems, *in: S. Fotheringham und P. Rogerson, Hrsg., 'Spatial Analysis and GIS'*, Technical Issues in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, London, 13–44.
- Banai-Kashani, R. [1989], 'A New method for Site Suitability Analysis: The Analytic Hierarchy Process', *Environmental Management* 13(6), 685–693.
- Bartelme, N. [1995], *Geoinformatik - Modelle, Strukturen, Funktionen*, Springer Verlag, Berlin.
- Bastian, O. und Schreiber, K.-F. [1994], *Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft*, Gustav Fischer Verlag, Jena.

- Batty, M. [1993], Using Geographic Information Systems in Urban Planning and Policy-Making, *in*: M. Fischer und P. Nijkamp, Hrsg., 'Geographic Information Systems, Spatial Modelling and Policy Evaluation', Springer Verlag, Wien, 51–69.
- Batty, M. und Xie, Y. [1994], 'Modeling Inside GIS: Part 1 - Model Structures, Exploratory Spatial Data Analysis and Aggregation', *International Journal of Geographical Information Science* 8(3), 291–307.
- Baudry, J. und Merriam, H. [1988], 'Connectivity and Connectedness: Functional versus Structural Patterns in Landscapes', *Münstersche Geographische Arbeiten* 29, 23–28.
- Baumüller, J., Hoffmann, U. und Reuter, U. [1989], *Stadtklimagutachten Göppingen*, Baudezernat Stadt Göppingen.
- Baumüller, J., Hoffmann, U. und Reuter, U. [1994], *Städtebauliche Lärmfibel - Hinweise für die Bauleitplanung*, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Hrsg., Stuttgart.
- Baumüller, J., Hoffmann, U. und Reuter, U. [1998], *Städtebauliche Klimafibel - Hinweise für die Bauleitplanung*, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Hrsg., Stuttgart.
- Bechmann, A. und Hartlik, J. [1998], 'Vom Gesetz zur Verwaltungsreform? Das UVP-Gesetz und seine Implikationen für die Praxis des Umweltschutzes in unserer Gesellschaft', *UVP report* 5/98, 246–251.
- Beck, M., Jakeman, A. und McAleer, M. [1993], Construction and Evaluation of Models of Environmental Systems, *in*: A. Jakeman, M. Beck und M. McAleer, Hrsg., 'Modelling Change in Environmental Systems', Wiley & Sons, New York, 3–35.
- Bell, P. [1995], Forest Fragmentation: Adverse Effects on old growth forest Biodiversity, *in*: G. Blouin, Hrsg., 'Old Growth Forests. Canadian Forestry Association', 45–47.
- Benediktsson, J., Swain, P. und Esroy, O. [1990], 'Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data', *I.E.E.E. Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 28, 540–552.
- Bennett, A. [1991], Roads, Roadsides and Wildlife Conservation: A Review, *in*: D. Saunders und R. Hobbs, Hrsg., 'Nature Conservation 2: The Role of Corridors', Surrey Beatty, Chipping Norton, NSW, 99–117.
- Bernreuther, T. und Liebemann, C. [1997], *Empfindlichkeit von Böden in der Region Stuttgart gegenüber anorganischen Schadstoffen, organischen Schadstoffen und Säuren*, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart. unveröffentlicht.
- Bill, R. [1996], *Grundlagen der Geo-Informationssysteme: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen*, Band 2, Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Bill, R. und Fritsch, D. [1994], *Grundlagen der Geo-Informationssysteme- Hardware, Software, Daten*, Band 1, 2. Aufl., Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Birkin, M., Clarke, G., Clarke, M. und Wilson, A. [1996], *Intelligent GIS - Location decisions and strategic planning*, Geoinformation International, Pearson Professional Ltd., Cambridge.
- Birth, K. [1998], Wegmarken zu einheitlichen Geodaten - Das gemeinsame ALKIS/ATKIS-Datenmodell, *in*: 'Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung in Wirtschaft und Verwaltung; 4. AdV-Symposium ATKIS, 26.-27. Februar 1998', Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 17–35.

- Bizer, K., Ewringmann, D., Bergmann, E., Dosch, F., Einig, K. und Hutter, G. [1998], *Mögliche Maßnahmen, Instrumente und Wirkungen einer Steuerung der Verkehrs- und Siedlungsflächen-nutzung*, Springer Verlag, Berlin.
- Blaschke, T. [1997], *Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS - Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen*, Forschungen zur deutschen Landeskunde 243, Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, Trier.
- Bock, M. [1995], Verbreitung von Umweltinformationen über elektronische Medien, in: H. Kremers und W. Pillmann, Hrsg., 'Raum und Zeit in Umweltinformationssystemen', 9th International Symposium on Computer Sciences for Environmental Protection, Metropolis-Verlag, Marburg, 525–535.
- Bonham-Carter, G. [1994], *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*, Pergamon Press, New York.
- Borcherdt, C., Hrsg. [1983], *Geographische Landeskunde von Baden-Württemberg*, Schriften zur politischen Landeskunde Baden-Württembergs 8, Landeszentrale für politische Bildung, Baden-Württemberg.
- Boschert, M. [1993], 'Auswirkungen von Modellflug und Straßenverkehr auf die Raumnutzung beim Großen Brachvogel (*Numenius arquata*)', *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 1(2), 11–18.
- Brändli, M. [1997], *Modelle und Algorithmen für die Extraktion geomorphologischer und hydrologischer Objekte aus digitalen Geländemodellen*, Geoprocessing Reihe 32, Zürich.
- Briggs, D., Collins, S., Elliott, P., Fischer, P., Kingham, S., Lebet, E., Pryn, K., van Reeuwijk, H., Smallbone, K. und van der Veen, A. [1997], 'Mapping urban Air Pollution using GIS: a regression-based Approach', *International Journal of Geographical Information Systems* 11(7), 699–718.
- Brückler, M. [1996], GIS-gestützte Verkehrslärmanalysen für Raumplanungszwecke, in: M. Schrenk, Hrsg., 'Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP96', Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, 195–204.
- Buchwald, K. und Engelhardt, W., Hrsg. [1996], *Bewertung und Planung im Umweltschutz*, Umweltschutz: Grundlagen und Praxis, Band 2, Economica Verlag, Bonn.
- Buiten, H. und Clevers, J. [1993], *Land Observation by Remote Sensing: Theory and Applications*, Gordon and Breach Publishers, Amsterdam.
- BUND [1996], *Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung*, BUND, Misereor.
- Burrough, P. [1996], Natural Objects with Indeterminate Boundaries, in: P. Burrough und A. Frank, Hrsg., 'Geographic Objects with Indeterminate Boundaries', GISDATA II, Taylor & Francis, London, 3–28.
- Burrough, P. und Frank, A. [1995], 'Concepts and paradigms in spatial information: are current geographical information systems truly generic?', *International Journal of Geographical Information Systems* 9(2), 101–116.
- Burrough, P. und Frank, A., Hrsg. [1996], *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*, GIS-DATA II, Taylor & Francis, London.
- BVWP [1992], 'Bundesverkehrswegeplan 1992 (BVWP '92)', Beschluß der Bundesregierung vom 15. Juli 1992.

- Campbell, J. [1987], *Introduction to Remote Sensing*, The Guilford Press, New York.
- Canzler, W. und Knie, A. [1994], *Das Ende des Automobils: Fakten und Trends zum Umbau der Autogesellschaft*, 1. Aufl., Verlag Müller GmbH, Heidelberg.
- Carver, S. [1991], 'Integrating Multi Criteria Evaluation into Geographic Information Systems', *International Journal of Geographical Information Systems* 5(3), 321–339.
- Chen, S., Hwang, C. und Hwang, F. [1992], *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications*, Lecture Notes in Economics and Mathematics Systems 375, Springer Verlag, Berlin.
- Claus, V. und Schwill, A. [1993], *Duden Informatik: ein Sachlexikon für Studium und Praxis*, 2. Aufl., Dudenverlag, Mannheim.
- Cooke, D. [1992], 'Spatial Decision Support System: not just another GIS', *Geo Info Systems* 2(5), 46–49.
- Couclelis, H. [1996], A Typology of Geographic Entities with ill-defined Boundaries, *in*: P. Burrough und A. Frank, Hrsg., 'Geographic Objects with Indeterminate Boundaries', GISDATA II, Taylor & Francis, London, 45–56.
- Cowen, D. [1988], 'GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?', *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54, 1551–1555.
- Crossland, M., Wynne, B. und Perkins, W. [1995], 'Spatial Decision Support Systems: An Overview of Technology and a Test of Efficacy', *Decision Support Systems* 14(3), 219–235.
- Czeranka, M. und Ehlers, M. [1997], 'GIS als Instrument zur Entscheidungsunterstützung', *GIS* 10(2), 9–17.
- Densham, P. [1991], Spatial Decision Support Systems, *in*: D. Maguire, M. Goodchild und D. Rhind, Hrsg., 'Geographical Information Systems - Principles and Applications', Longman Scientific & Technical, Essex, 403–412.
- Dierßen, K. und Roweck, H. [1998], Bewertung im Naturschutz und in der Landschaftsplanung, *in*: W. Theobald, Hrsg., 'Integrative Umweltbewertung - Theorie und Beispiele aus der Praxis', Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften, Springer Verlag, Berlin, 175–192.
- Dierßen, K. und Wöhler, K. [1996], 'Reflexionen über das Naturbild von Naturschützern und das Wissenschaftsbild von Ökologen', *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 6(3), 169–180.
- Dollinger, F. [1996], Vom Spiel- zum Werkzeug. Über die Bedeutung des Computers in der Raumplanung am Beispiel der Salzburger Landesplanung, *in*: M. Schrenk, Hrsg., 'Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP96', Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, 15–19.
- Eberle, D. [1984], *Die ökologische Risikoanalyse - Kritik der theoretischen Fundierung und der raumplanerischen Verwendungspraxis*, Werkstattbericht des Fachbereichs Regional- und Landesplanung 1, Universität Kaiserslautern.
- Ellenberg, H., Müller, K. und Stottele, T. [1981], *Straßenökologie - Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften*, Ökologie und Strasse - Broschürenreihe der deutschen Straßenliga 3, Bonn.
- Engelhardt, W. [1983], *Ökologie im Bau- und Planungswesen*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- Enquête-Kommission [1997], 'Konzept Nachhaltigkeit: Fundamente für die Gesellschaft von morgen', Zwischenbericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt".

- Ermer, K., Hoff, R. und Mohrmann, R. [1996], *Landschaftsplanung in der Stadt*, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Erz, W. [1980], Naturschutz - Grundlagen, Probleme und Praxis, *in*: K. Buchwald und W. Engelhardt, Hrsg., 'Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt', BLV Verlagsgesellschaft, 560-637.
- EUA [1998], *Die Umwelt in Europa: Der Zweite Lagebericht*, Europäische Umweltagentur, <http://www.eea.dk/Document/3-yearly/Dobris2/summary/indexfr.htm>.
- Ewers, H.-J. [1996], Dauerhaft-umweltgerechte Mobilität, Umwelt und Verkehr - Symposium am 19., 20. Juni 1995 in Münster, Zentrum für Umweltforschung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster - Vorträge und Studien 6, ecomed, Landsberg, 217-224.
- EWS [1997], *Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.
- Fedra, K. [1995], 'Decision Support for Natural Resources Management: Models, GIS and Expert Systems', *AI Applications* 9(3), 3-19.
- Fedra, K. und Reitsma, R. [1990], Decision Support and Geographical Information Systems, *in*: H. Scholten und J. Stilwell, Hrsg., 'Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning', The GeoJournal Library 17, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 177-188.
- Fiby, J. [1996], MOBIDYN - Modellierung von Mobilität und Raumstruktur, Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP96, Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, 219-224.
- Finck, P., Hauke, U. und Schröder, E. [1993], 'Zur Problematik der Formulierung regionaler Landschafts-Leitbilder aus naturschutzfachlicher Sicht', *Natur und Landschaft* 68(12), 603-607.
- Fischer, B. [1983], *Bewertungsansätze für ökologische Belange*, IREUS Schriftenreihe 7, Stuttgart.
- Fischer, M., Scholten, H. und Unwin, D. [1996], *Spatial Analytical Perspectives on GIS*, GISDATA IV, Taylor & Francis, London.
- Forman, R. und Godron, M. [1986], *Landscape Ecology*, John Wiley & Sons, New York.
- Fotheringham, A. und Rogerson, P. [1993], 'GIS and spatial analytical problems', *International Journal of Geographical Information Systems* 7(1), 3-19.
- Fotheringham, S. und Rogerson, P. [1994], *Spatial Analysis and GIS*, Taylor & Francis, London.
- Frankhauser, P. [1991], 'Fraktales Stadtwachstum', *Arch⁺, Zeitschrift für Architektur und Städtebau*, 109/110 84-89.
- Friedrichs, J. [1995], *Stadtsoziologie*, Leske + Budrich, Opladen.
- Fürst, D. [1990], 'Stellenwert von Umweltqualitätszielen innerhalb der Umweltplanung', *UVP report* 3/90, 56-60.
- Fürst, D., Kiemstedt, H., Gustedt, E., Ratzbor, G. und Scholles, F. [1992], 'Umweltqualitätsziele für die ökologische Planung', Forschungsbericht 10901008, TEXTE 34/92 des Umweltbundesamts, Berlin.
- Fürst, D., Roggendorf, W., Scholles, F. und Stahl, R. [1996], *Umweltinformationssysteme - Problemlösungskapazitäten für den vorsorgenden Umweltschutz und politische Funktion*, Beiträge zur räumlichen Planung 46, Hannover.

- Gaebe, W. [1997], Stärken und Schwächen der Region Stuttgart im interregionalen Vergleich, *in*: W. Gaebe, Hrsg., 'Struktur und Dynamik in der Region Stuttgart', Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Gassner, E. [1995], *Das Recht der Landschaft: Gesamtdarstellung für Bund und Länder*, Neumann, Radebeul.
- Geyer, O. und Gwinner, M. [1991], *Geologie von Baden-Württemberg*, 4. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Gockel, O. [1995], 'Umweltziele/Umweltqualitätsziele für Boden und Wasser', *Mitteilungen aus der NVA* 6(1), 71–78.
- Goodchild, M. [1992], 'Integrating GIS and spatial data analysis: Problems and possibilities', *International Journal of Geographical Information Science* 6(5), 407–423.
- Göpfert, W. [1991], *Raumbezogene Informationssysteme: Grundlagen der integrierten Verarbeitung von Punkt-, Vektor- und Rasterdaten, Anwendungen in Kartographie, Fernerkundung und Umweltplanung*, 2. Aufl., Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Grau, S. [1998], 'Überblick über Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie zu unzerschnittenen Räumen in der Bundes-, Landes- und Regionalplanung Deutschlands', *Natur und Landschaft* 73(10), 427–434.
- Greve, K., Maier, K. und Schaper, M. [1995], Digitaler Umweltatlas Hamburg 1995 - Eine Anforderungsanalyse, *in*: H. Kremers und W. Pillmann, Hrsg., 'Raum und Zeit in Umweltinformationssystemen', 9th International Symposium on Computer Sciences for Environmental Protection, Metropolis-Verlag, 517–524.
- Grub, H. und Lejeune, P., Hrsg. [1996], *Grün zwischen Städten: Emscher Landschaftspark (Nordrhein-Westfalen), GrünGürtel Frankfurt, Regionalpark RheinMain, Grüne Nachbarschaft (Baden-Württemberg)*, anlässlich der Ausstellung "Grün zwischen Städten" in den Römerhallen, Frankfurt am Main, vom 28.10.-3.11.1996, sowie 1997 in Berlin, München, Essen, Stuttgart, Dresden und Leipzig, Prestel Verlag, München.
- Grünreich, D. [1992], 'ATKIS - A Topographic Information System as a Basis for a GIS and Digital Cartography in West Germany', *Geologisches Jahrbuch A* 122, 207–215.
- Grützner, R. [1997], *Modellierung und Simulation im Umweltbereich*, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden.
- Grützner, R., Häuslein, A. und Page, B. [1995], Werkzeuge für die Umweltmodellierung und -simulation, *in*: B. Page und L. Hilty, Hrsg., 'Umweltinformatik - Informatikmethoden für Umweltschutz und Umweltforschung', 2. Aufl., Handbuch der Informatik, Oldenbourg Verlag, München.
- Gühnemann, A., Kuchenbecker, K., Rothengatter, W. und Schade, W. [1998], 'Integration der strategischen Umweltfolgeinschätzung in die Bundesverkehrswegeplanung', *UVP report 2/98*, 102–106.
- Günther, O. [1998], *Environmental Information Systems*, Springer Verlag, Berlin.
- Günther, O., Radermacher, F. und Riekert, W.-F. [1995], Umweltmonitoring: Modelle, Methoden und Systeme, *in*: B. Page und L. Hilty, Hrsg., 'Umweltinformatik - Informatikmethoden für Umweltschutz und Umweltforschung', 2. Aufl., Handbuch der Informatik, Oldenbourg Verlag, München, 73–99.
- Hadzilacos, T. und Tryfona, N. [1996], 'Logical Data Modelling for Geographic Applications', *International Journal of Geographical Information Systems* 10(2), 179–203.

- Häfliger, S. und Allgöwer, B. [1996], GIS-gestützte Planung eines Amphibien-Laichplatzverbundes in der Gemeinde Neuenkirch, *in*: K. K. Brassel, K. Itten und E. Schmitt, Hrsg., 'Einsatz von Geographischen Informationssystemen und Fernerkundung in der Umweltanalyse', Geoprocessing Reihe 31, 53–59.
- Haggett, P. [1983], *Geographie - Eine moderne Synthese*, 3. Aufl., New York.
- Happe, M. und Mücke, D. [1995], Das stadtökologische Grundlageninformationssystem Düsseldorf - ein Hilfsmittel bei der Bearbeitung von kommunalen Umweltverträglichkeitsprüfungen, *in*: H. Kremers und W. Pillmann, Hrsg., 'Raum und Zeit in Umweltinformationssystemen', 9th International Symposium on Computer Sciences for Environmental Protection, Metropolis-Verlag, Marburg, 601–609.
- Harbeck, R. [1995], Überblick über Konzeption, Aufbau und Datenangebot des Geoinformationssystems ATKIS, *in*: E. Kophstahl und H. Sellge, Hrsg., 'Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung in Wirtschaft und Verwaltung', 2. AdV-Symposiums ATKIS am 27. und 28. Juni 1995, Niedersächsisches Landesvermessungsamt, Hannover.
- Hatzfeld, U. und Roters, W. [1998], 'Zentrum - Peripherie: Was sollen wir wollen oder: Spielen auf Zeit?', *Informationen zur Raumentwicklung* 7/8, 521–535.
- Heinze, G. und Kill, H. [1997], Verkehrswissenschaft: Das Problem der Disziplin am Beispiel der Vision "Dörferstadt", *in*: H.-L. D. H. Trischler, Hrsg., 'Geschichte der Zukunft des Verkehrs: Verkehrskonzepte von der frühen Neuzeit bis zum 21. Jahrhundert', Beiträge zur historischen Verkehrsforschung 1, Campus Verlag, Frankfurt/Main, 92–128.
- Henle, K., Settele, J. und Kaule, G. [1995], 'Aufgaben, Ziele und erste Ergebnisse des "Forschungsverbunds Isolation, Flächengröße, Biotopqualität (FIFB)", *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 24, 181–186.
- Heres, L. und Wood, T. [1992], GDF, a Lingua Franca for Geographic Information., *in*: 'EURONAV 92 - Digital Mapping and Navigation - The 1992 International Conference of the Royal Institute of Navigation and The German Institute of Navigation (DGON)', London.
- Hesse, M. und Schmitz, S. [1998], 'Stadtentwicklung im Zeichen von "Auflösung" und Nachhaltigkeit', *Informationen zur Raumentwicklung* 7/8, 435–453.
- Heywood, I., Oliver, J. und Tomlinson, S. [1994], Building an exploratory Multi Criteria Modelling Environment for Spatial Decision Support, *in*: 'Proceedings of the 5th European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems EGIS/MARI '94', Vol. 1, Paris, France, 632–641.
- Hilty, L. [1997], Umweltorientierte Verkehrsmodellierung und ihre Unterstützung durch ein objektorientiertes Modellbanksystem, *in*: R. Grützner, Hrsg., 'Modellierung und Simulation im Umweltbereich', Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 121–145.
- Hoffjann, T. [1998], 'Der FNP als Grundlage für nachhaltige Stadtentwicklung? Einige Aspekte für die integrierte, ökologisch orientierte Stadtplanung', *UVP report* 5/98, 223–225.
- Hoppenstedt, A. [1998], 'Konsequenzen der Europäischen Umweltpolitik für die Straßen-/Verkehrsplanung in Deutschland', *UVP report* 2/98, 95–101.
- Hübner, M. [1991], EXCEPT - Ein Expertensystem zur Unterstützung und Dokumentation von Bewertungsvorgängen in der Umweltverträglichkeitsprüfung, *in*: O. Günther, H. Kuhn, R. Mayer-Föll und F.J.Radermacher, Hrsg., 'Konzeption und Einsatz von Umweltinformationssystem', Informatik-Fachberichte 301, Springer Verlag, Berlin, 479–493.

- Hwang, C.-L. und Yoon, K. [1981], *Multiple Attribute Decision Making*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 186, Springer Verlag, Berlin.
- ILPÖ [1996], 'Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg - Zielartenkonzept', Institut für Landschaftsplanung und Ökologie der Universität Stuttgart im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Jäger, E. [1997a], Interdisziplinäres GIS-Management - Anforderungen und niedersächsische Lösung, *in*: R. Kratz und F. Suhling, Hrsg., 'GIS im Naturschutz: Forschung, Planung und Praxis', Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 131–153.
- Jäger, E. [1997b], Stand und Entwicklungen der Geobasisinformationssysteme ALK und ATKIS, *in*: 'GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld - Grundlagen, Anwendungen und Entwicklungstrends', Kartographische Schriften 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, 38–46.
- Jankowski, P. [1995], 'Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods', *International Journal of Geographical Information Systems* 9(3), 251–273.
- Janssen, R. [1992], *Multiobjective Decision Support for Environmental Management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Janssen, R. und Rietveld, P. [1990], Multicriteria Analysis and Geographical Information Systems: An Application to Agricultural Land Use in the Netherlands, *in*: H. Scholten und J. Stilwell, Hrsg., 'Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning', The GeoJournal Library 17, Kluwer Academic Publishers, 129–139.
- Jax, K. und Zauke, G.-P. [1992], 'Maßstäbe in der Ökologie - ein vernachlässigter Konzeptbereich', *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 21, 23–30.
- Jessel, B. [1996], 'Leitbilder und Wertungsfragen in der Naturschutz- und Umweltplanung', *Naturschutz und Landschaftsplanung* 28(7), 211–216.
- Jimenez-Beltran, D. [1995], Environmental Information and Cyberspace, *in*: 'http://www.eea.dk/Document/3-yearly/Dobris2/summary/indexfr.htm', European Environment Agency, Arendal, Norway.
- Kappler, O. [1997], GIS-gestützte Verfahren zur Ausgrenzung und Bewertung von unzerschnittenen und störungsarmen Landschaftsräumen für Wirbeltierarten und -populationen mit großen Raumansprüchen, *in*: R. Kratz und F. Suhling, Hrsg., 'GIS im Naturschutz: Forschung, Planung und Praxis', Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 77–94.
- Kaule, G. [1991], *Arten- und Biotopschutz*, 2. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Kaule, G. [1994], Ökologische Folgen, *in*: G. Steierwald und H.-D. Künne, Hrsg., 'Stadtverkehrsplanung - Grundlagen, Methoden, Ziele', Springer Verlag, Berlin, 174–191.
- Kaule, G. [1999], Beitrag zur Entwicklung von Modellfamilien, *in*: S. Dabbert, S. Herrmann, G. Kaule und M. Sommer, Hrsg., 'Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung', Springer Verlag, Berlin, 196–199.
- Kempf, N. und Hüppop, O. [1998], 'Wie wirken Flugzeuge auf Vögel', *Naturschutz und Landschaftsplanung* 30(1), 17–28.
- Kiefer, A. und Sander, U. [1993], 'Auswirkungen von Straßenbau und Verkehr auf Fledermäuse', *Naturschutz und Landschaftsplanung* 25(6), 211–216.

- Kilchenmann, R. und Schwarz-v. Raumer, H.-G. [1999], Konzept und Realisierung einer GIS-gekoppelten Modell- und Methodenbank für die raumbezogene Planung (MeMoPlan), *in*: A. Kilchenmann und H.-G. Schwarz-v. Raumer, Hrsg., 'GIS in der Stadtentwicklung - Methodik und Fallbeispiele', Springer Verlag, Berlin, 125–134.
- Knaapen, J., Scheffer, M. und Harms, B. [1992], 'Estimating habitat isolation in landscape planning', *Landscape and Urban Planning* 23, 1–16.
- Knauer, P. [1994], 'Qualitätsziele in Raum- und Umweltplanung', *Garten + Landschaft* 11, 31–35.
- Knauer, P. und Surburg, U. [1990], 'Umweltqualitätszielkonzepte als Instrument der Umweltpolitik', *UVP report* 3/90, 38–56.
- Kollarits, S., Heuegger, M. und Uschnigg, M. [1998], Das Modifiable Areal Unit Problem: Diskussion, Implementation und empirische Effekte, *in*: J. Strobl und F. Dollinger, Hrsg., 'Angewandte geographische Informationsverarbeitung: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg '98', Wichmann Verlag, Heidelberg, 170–179.
- Koperski, K. und Han, J. [1995], Discovery of Spatial Association Rules in Geographic Information Databases, Proceedings of the 4th International Symposium on Large Spatial Databases (SSD '95), Portland, Maine, 47–66.
- Krämer und Schüller [1993], 'Kommunikationswerkzeuge mit unterschiedlichen Systemplattformen zum Austausch raumbezogener Daten', Krämer & Schüller, Beratende EDV-Ingenieure, Krefeld, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin.
- Kreh, U. [1996], *Empfindlichkeit von Biotopen, Arten und Gewässern in der Region Stuttgart - Erläuterungsbericht zu den Empfindlichkeitskarten im Maßstab 1:25.000*, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart. unveröffentlicht.
- Kühling, W. [1990], 'Ziele für die Luftqualität', *UVP report* 3/90, 61–66.
- Kühn, M. [1998a], 'Stadt in der Landschaft - Landschaft in der Stadt - Nachhaltige Stadtentwicklung zwischen Flächensparen und "Wohnen im Grünen"', *Informationen zur Raumentwicklung* 7/8, 495–507.
- Kuhn, W. [1998b], *Flächendeckende Analyse ausgewählter ökologischer Parameter - Bewertung von Habitateignung und -isolation für zwei wirbellose Tierarten mit Hilfe eines Geographischen Informationssystemes*, Peter Lang, Frankfurt/Main.
- Kunert, U. [1997], Zu erwartende Veränderungen der Nachfrage durch Internalisierung externer Effekte im Verkehr, *in*: 'Verkehr im Spannungsfeld von Ökologie, Wettbewerb und Technischen Innovationen, B 195', 6. Gemeinschaftskongreß 17.-18. Oktober 1996 in Grainau/Eibsee, 112–141.
- Kusse, B. und Wentholt, A. [1992], SENSE: An Active Approach to Environmental Decision Support, Proceedings of the European Conference on Geographical Information Systems EGIS '92, Munich, 1168–1176.
- Langer, H. [1996], Erfassung und Bewertung von Natur und Landschaft - Methodische Ansätze und Beispiele, *in*: K. Buchwald und W. Engelhardt, Hrsg., 'Bewertung und Planung im Umweltschutz', Umweltschutz: Grundlagen und Praxis, Band 2, Economica Verlag, Bonn, 38–75.
- Langer, H., Hoppenstedt, A., Stolz, M. und Harders, J. [1986], *Verfahrenskonzept zur ökologischen Risikoeinschätzung von Straßenbauprojekten der Bundesverkehrswegeplanung Planung (BVWP)*, Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 465, Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg.

- Lassen, D. [1979], 'Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland', *Natur und Landschaft* 54(10), 333–334.
- Lassen, D. [1987], 'Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² Flächengröße in der Bundesrepublik Deutschland', *Natur und Landschaft* 62(12), 532–535.
- Lassen, D. [1990], 'Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² - eine Ressource für die ruhige Erholung', *Natur und Landschaft* 65(6), 326–327.
- Leser, H. [1987], *DIERCKE-Wörterbuch der allgemeinen Geographie*, DTV, München und Westermann, Braunschweig.
- LfU, Hrsg. [1994a], *Die Luft in Baden-Württemberg*, Berichte der Landesanstalt für Umweltschutz 11, Karlsruhe.
- LfU, Hrsg. [1994b], *Übersichtskartierung des morphologischen Zustands der Fließgewässer in Baden-Württemberg 1992/93*, Handbuch Wasser 2 15, Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- LfU, Hrsg. [1995], *Lärmbekämpfung - Ruheschutz; Analysen Tendenzen, Projekte in Baden-Württemberg*, Berichte der Landesanstalt für Umweltschutz 16, Karlsruhe.
- Losch, S. [1992], 'Sparsame und schonende Flächeninanspruchnahme - ein unerfüllbares Ziel?', *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung* 5(1), 90–102.
- Lotfi, V. und Teich, J. [1989], Multicriteria decision making using personal computers, *in*: P. Korhonen, A. Lewandowski und J. Wallenius, Hrsg., 'Multiple Criteria Decision Support. Proceedings of the International Workshop in Helsinki, Finland, 7-11 August, 1989', Springer Verlag, Berlin, 152–158.
- LRP [1994], 'Landschaftsrahmenplan für die Region Stuttgart - Teil 2 Entwicklungsteil', Regionalverband Stuttgart.
- Maczey, N. und Boye, P. [1995], 'Lärmwirkungen auf Tiere - ein Naturschutzproblem?', *Natur und Landschaft* 70(11), 545–549.
- Mader, H.-J. [1980], 'Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht', *Natur und Landschaft* 55(3), 91–96.
- Mader, H.-J. [1981], *Der Konflikt Straße - Tierwelt aus ökologischer Sicht*, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 22, Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn-Bad Godesberg.
- Maguire, D. [1994], What is an object-oriented GIS?, Proceedings of the 14th Annual ESRI User Conference, 76–89.
- Maguire, D., Goodchild, M. und Rhind, D., Hrsg. [1991], *Geographical Information Systems - Principles and Applications*, Longman Scientific & Technical, Essex.
- Marks, R. und Alexander, J. [1992], *Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BALVL)*, Forschungen zur deutschen Landeskunde 229, 2. Aufl., Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Zentralausschuss für Deutsche Landeskunde; Arbeitskreis Geoökologische Karte und Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes.
- Meentemeyer, V. und Box, E. [1987], Scale effects in Landscape Studies, *in*: G. Turner, Hrsg., 'Landscape Heterogeneity and Disturbance', Ecological Studies 64, Springer Verlag, New York, 15–34.
- Meynen, E. und Schmithüsen, J. [1955], *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*, Bundesanstalt für Landeskunde, Hrsg., Zweite Lieferung, Remagen.

- MLuS [1992], *Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen - Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1992, Geänderte Fassung 1996, Köln.
- Mövius, R. [1999], Modul zur Übertragung aggregierter Daten in räumlich konkrete Daten, *in*: S. Dabbert, S. Herrmann, G. Kaule und M. Sommer, Hrsg., 'Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung', Springer Verlag, 112–125.
- Mövius, R. und Stock, A. [1999], Topographische Datengrundlagen, *in*: S. Dabbert, S. Herrmann, G. Kaule und M. Sommer, Hrsg., 'Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung', Springer Verlag, Berlin, 24–26.
- MUV [1997], 'Straßenverkehr in Baden-Württemberg - Jahresvergleich 1997/1996', Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Abteilung Straßenwesen, Stuttgart.
- Nagel, T., Bächlin, W. und Lohmeyer, A. [1998], *Prognosen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung im Zusammenhang mit der Planung "STUTTGART 21"*, Untersuchungen zur Umwelt "STUTTGART 21" 9, Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Stuttgart.
- Nijkamp, P. und Blaas, E. [1994], *Impact Assessment and Evaluation in Transportation Planning*, Vol. 2 of *Transportation Research, Economics and Policy*, Kluwer Academic Publishers.
- Nijkamp, P., Rietveld, P. und Voogd, H. [1990], *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*, Contributions to Economic Analysis 185, North-Holland, Amsterdam.
- Nolte, R. [1996], Chancen, Risiken und Grenzen des Einsatzes von Telematiksystemen zur Verkehrs- und Umweltentlastung, Informatik für den Umweltschutz; 10. Symposium Hannover 1996, Metropolis Verlag, Marburg, 501–510.
- Okabe, A., Boots, B. und Sugihara, K. [1994], 'Nearest Neighbourhood Operations with generalized Voronoi Diagrams: A Review', *International Journal of Geographical Information Systems* 8(1), 43–71.
- Openshaw, S. [1985], 'The modifiable areal Unit Problem', *CATMOG - Concepts and Techniques in Modern Geography* 38, Geo, Norwich.
- Openshaw, S. [1990], Spatial Analysis and Geographical Information Systems: A Review of Progress and Possibilities, *in*: H. Scholten und J. Stilwell, Hrsg., 'Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning', Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 153–163.
- Openshaw, S. und Taylor, P. [1981], The modifiable areal unit problem, *in*: N. Wrigley und T. Bennett, Hrsg., 'Quantitative Geography', 60–69.
- Ozernoy, V. [1991], 'Choosing the "Best" Multiple Criteria Decision-Making Method', *Information Systems and Operational Research* 30(2), 159–171.
- Peissner, T. und Kappus, B. [1998], 'Stuttgarter Flußkrebse - Verbreitung, Gefährdung und Schutz', Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz 4, Stuttgart.
- Peters, H.-J. [1990], 'Umweltqualitätsziele und -standards aus verwaltungsrechtlicher Sicht', *UVP report* 3/90, 79–81.
- Pfister, G. und Renn, O. [1997], 'Die Studie "Zukunftsfähiges Deutschland" des Wuppertal-Instituts im Vergleich zum Nachhaltigkeitskonzept der Akademie für Technikfolgenabschätzung', Arbeitsbericht 75, Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.

- Pfister, H., Keller, V., Reck, H. und Georgii, B. [1997], Bio-ökologische Wirksamkeit von Grünbrücken über Verkehrswege, Technical report, Schlussbericht zum Forschungsprojekt 02.143R91L im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und der Ministerien für Verkehr, für Umwelt und für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Baden-Württemberg.
- Pietsch, J. [1981], *Ökologische Planung: ein Beitrag zu ihrer theoretischen und methodischen Entwicklung*, Dissertation, Universität Kaiserslautern.
- Plachter, H. [1994], 'Methodische Rahmenbedingungen für synoptische Bewertungsverfahren im Naturschutz', *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 3(2), 87–106.
- Pook, W., Schymura, F. und TÜV ECOPLAN Akustik [1997], *Schallimmissionsplan für den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr im Zusammenhang mit der Planung "STUTTGART 21"*, Untersuchungen zur Umwelt "STUTTGART 21" 4, Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Stuttgart.
- Prätorius, G. [1997], Die Zukunft des Verkehrs. Verkehrsentwürfe an der Schwelle zum 21. Jahrhundert, in: H.-L. Dienel; H. Trischler, Hrsg., 'Geschichte der Zukunft des Verkehrs: Verkehrskonzepte von der frühen Neuzeit bis zum 21. Jahrhundert', Beiträge zur historischen Verkehrsforschung 1, Campus Verlag, Frankfurt/Main, 311–328.
- Quinn, J. und Harrison, S. [1988], 'Effects of Habitat Fragmentation and Isolation on Species Richness: Evidence from Biogeographic Patterns', *Oecologia* 75, 132–140.
- Reck, H. [1996], Umweltschäden durch den Bau und Betrieb von Verkehrsinfrastruktur am Beispiel der Auswirkungen des Straßenbaus auf die Belange des Arten- und Biotopschutzes, Umwelt und Verkehr - Symposium am 19., 20. Juni 1995 in Münster, Zentrum für Umweltforschung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster - Vorträge und Studien 6, ecomed, Landsberg, 61–80.
- Reck, H. und Kaule, G. [1993], *Straßen und Lebensräume - Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume*, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 654, Bundesminister für Verkehr,, Bonn-Bad Godesberg.
- Reijnen, R. [1995], 'Disturbance by car Traffic as a Threat to Breeding Birds in the Netherlands', Dissertation Rijksuniversität Leiden.
- Reijnen, R., Foppen, R. und Meeuwsen, H. [1996], 'The Effects of Traffic on the Density of Breeding Birds in Dutch Agricultural Grasslands', *Biological Conservation* 75, 225–260.
- Reijnen, R. und Foppen, R. [1991], 'Effect of Road Traffic on the Breeding Site-tenacity of Male Willow Warblers (*Phylloscopus trochilus*)', *Journal für Ornithologie* 132(3), 291–295.
- Reijnen, R. und Foppen, R. [1994], 'The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway', *Journal of Applied Ecology* 31, 85–94.
- Reijnen, R. und Foppen, R. [1995], 'The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. IV. Influence of population size on the reduction density close to a highway', *Journal of Applied Ecology* 32, 481–491.
- Reinirkens, P. [1992], 'Ermittlung und Beurteilung strassenbedingter Auswirkungen auf die Landschaftsfaktoren Boden und Wasser', Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik 626, Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg .
- Reiß, P. [1998], Digitale Geländemodelle - Datengewinnung, Aufbau und Einbindung in ATKIS, in: 'Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung in Wirtschaft und Verwaltung', 4. AdV-Symposium ATKIS, 26.-27. Februar 1998, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 157–168.

- Reuter, U., Baumüller, J. und Hoffmann, U. [1991], *Luft und Klima als Planungsfaktor im Umweltschutz: Grundlagen für die kommunale Planungs- und Entscheidungspraxis*, Kontakt & Studium 328, expert-Verlag, Ehningen.
- Richter, G. [1981], *Handbuch Stadtgrün - Landschaftsarchitektur im städtischen Freiraum*, BLV, München.
- Richter, O., Söndgerath, D., Belde, M., Schröder, B. und Schwartz, S. [1997], Kopplung Geographischer Informationssysteme (GIS) mit ökologischen Modellen im Naturschutzmanagement, in: R. Kratz und F. Suhling, Hrsg., 'GIS im Naturschutz: Forschung, Planung und Praxis', Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 5–29.
- Riedl, L. und Kalasek, R. [1998], MapModels - Programmieren mit Datenflußgraphen, Angewandte geographische Informationsverarbeitung: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg '98, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- RLS [1990], *Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1990, Köln.
- Robinson, A., Sale, R., Morrison, J. und Muehrcke, P. [1984], *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons, New York.
- Roedel, P., Scheuerer, W. und Stauch, C. [1996], Leitbild, Leitlinien, Umweltqualitätsziele und -standards in der Region Stuttgart am Beispiel von Luft/Klima und Lärm, in: 'Begleituntersuchungen zum Regionalverkehrsplan, Band 1: Analyse 1995 - Textteil', Schriftenreihe Verband Region Stuttgart 1, Stuttgart.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F. und Lorenzen, W. [1993], *Objektorientiertes Modellieren und Entwerfen*, Carl Hanser Verlag, München und Prentice-Hall, London.
- Runge, K. [1998], *Die Umweltverträglichkeitsuntersuchung - Internationale Entwicklungstendenzen und Planungspraxis*, Springer Verlag, Berlin.
- Saaty, T.L. [1980], *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York.
- Saaty, T.L. [1987], 'Rank generation, preservation, and reversal in the analytical hierarchy decision process.', *Decision Sciences* 18, 157–177.
- Schall 03 [1990], *Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen*, Information Deutsche Bundesbahn, Bundesbahn-Zentralamt, München.
- Schemel, H.-J. [1979], 'Umweltverträglichkeit von Fernstraßen - ein Konzept zur Ermittlung des Raumwiderstandes', *Landschaft + Stadt* 11(2), 81–90.
- Schemel, H.-J. [1985], *Die Umweltverträglichkeitsprüfung von Großprojekten*, Beiträge zur Umweltgestaltung, A97, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Schenk, D. und Wilson, P. [1994], *Information Modeling the EXPRESS Way*, Oxford University Press, New York.
- Scheyhing, J. [1999], *Evaluierung der Anforderungen an regionale Schallimmissionspläne für vom Straßen- und Schienenverkehr verursachte Lärmimmissionen*, Diplomarbeit am Institut für Landschaftsplanung und -ökologie, Universität Stuttgart. unveröffentlicht.
- Schleyer, A. [1996], 'ATKIS - Konzeption, Situation, Perspektiven', *DVW Mitteilungen* 42(2), 5–23.
- Schliepkorte, J. [1998], 'Umweltschützende Belange in der Bauleitplanung', *UVP report* 5/98, 215–222.

- Scholles, F. [1990], 'Umweltqualitätsziele und -standards: Begriffsdefinitionen', *UVP report 3/90*, 35–37.
- Scholles, F. [1997], *Abschätzen, Einschätzen und Bewerten in der UVP*, UVP Spezial 13, Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- Schwarz-v. Raumer, H.-G. [1996], Konzept und Anwendung einer GIS-gestützten Modell- und Methodenbank für die raumbezogene Planung, *in*: M. Schrenk, Hrsg., 'Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP96', Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, 43–48.
- Schwarz-v. Raumer, H.-G. [1997], 'GIS-gestützte mehrkriterielle Bewertungsverfahren in der Stadtentwicklungsplanung', *Geo-Informationssysteme* 10(6), 13–19.
- Schwarz-v. Raumer, H.-G. [1999], Bewertungsverfahren: Bedeutung in der raumbezogenen Planung, Methodik und GIS-Einsatz, *in*: A. Kilchenmann und H.-G. Schwarz-v. Raumer, Hrsg., 'GIS in der Stadtentwicklung - Methodik und Fallbeispiele', Springer Verlag, Berlin, 35–64.
- Schweizer, S., Bessey, E., Scheuerer, W., Schliep, M. und Törgykes, S. [1999], Vergleich von gemessenen Immissionskonzentrationen mit Ergebnissen von Ausbreitungsrechnungen am Beispiel der Hauptstätterstraße in Stuttgart. Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität, Tagungsband zur VDI-Tagung "Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität", Heidelberg.
- Shreve, R. [1967], 'Infinite topologically random channel networks', *Journal of Geology* 75, 178–186.
- Spitzer, H. [1995], *Einführung in die räumliche Planung*, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- SRU [1994], 'Umweltgutachten 1994', Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, BT-Drucksache 12/6995, Bonn.
- SSP GmbH [1990], *Straßennetzgestaltung im Hinblick auf Verringerung der Bodenbelastung*, Forschungsvorhaben 0339105 A, Bundesministerium für Forschung und Technologie, Stuttgart.
- Stauch, C. [1997], 'Erstellung einer Projektdatenbank mit objektorientierter Modellierung', *Salzburger Geographische Materialien* 26, 397–404.
- Stauch, C. [1998], Modeling the effects of traffic on a regional scale using GIS, *in*: J. Breuste, H. Feldmann und O. Uhlmann, Hrsg., 'Urban Ecology', Springer Verlag, 533–537.
- Stauch, C. und Kaule, G. [1999], Regionale Datenbank - Einsatz für die Verkehrsplanung, *in*: R. Böcker und A. Kohler, Hrsg., 'Umweltforschung im Dialog - Aktuelle Beiträge aus dem mittleren Neckarraum', 31. Hohenheimer Umwelntagung, Heimbach, Ostfildern.
- Stauch, C., Roedel, P., Scheuerer, W. und Kaule, G. [1997], Bewertung von Umweltwirkungen durch den Verkehr, *in*: M. Schrenk, Hrsg., 'Computergestützte Raumplanung - Beiträge zum Symposium CORP97 vom 12.-14. Feb. 1997, Wien', Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung, 265–273.
- Stauch, C., Roedel, P., Scheuerer, W. und Kaule, G. [1998], Analyse der Immissionsbelastung in der Region Stuttgart, *in*: 'Begleituntersuchungen zum Regionalverkehrsplan - Band 5: Bezugsszenario 2010 - Verkehrsprognose und Wirkungsabschätzung', Schriftenreihe Verband Region Stuttgart 10, Stuttgart.
- Steierwald, G. und Künne, H.-D., Hrsg. [1994], *Stadtverkehrsplanung - Grundlagen, Methoden, Ziele*, Springer Verlag, Berlin.

- Steiof, K. [1996], 'Verkehrsbegleitendes Grün als Todesfalle für Vögel', *Natur und Landschaft* 71(12), 527–532.
- Stock, M., Bergmann, H.-H., Helb, H.-W., Keller, V., Schnidrig-Petrig, R. und Zehnter, H.-C. [1994], 'Der Begriff Störung in naturschutzorientierter Forschung: ein Diskussionsbeitrag aus ornithologischer Sicht', *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 3(1), 49–58.
- Stoffel, A. [1992], *GIS als Instrument zu ökologischen Wertanalyse*, Geoprocessing Reihe 19, Zürich.
- Strahler, A. [1957], 'Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology', *Transactions of the American Geophysical Union* 8(6), 913–920.
- Strassert, G. [1995], *Das Abwägungsproblem bei multikriteriellen Entscheidungen - Grundlagen und Lösungsansatz - unter besonderer Berücksichtigung der Regionalplanung*, Peter Lang, Frankfurt/Main.
- Theobald, W. [1998], Umweltbewertung als inter- und transdisziplinärer Diskurs, *in*: W. Theobald, Hrsg., 'Integrative Umweltbewertung - Theorie und Beispiele aus der Praxis', Springer Verlag, Berlin, 7–20.
- Tkach, R. und Simonovic, S. [1997], 'A New Approach to Multi-criteria Decision Making in Water Resources', *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 1(1), 25–43.
- Tomlin, C. [1990], *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Trapp, K.-H. und Kraus, B. [1983], *Messung und Überprüfung der Einflüsse: Steigungsklassen, Kurvigkeit, Überholmöglichkeit und Fahrstreifenbreite im Bemessungsverfahren RAS-Q*, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik 381, Bundesanstalt für Strassenwesen.
- Turner, M., Dale, V. und Gardner, R. [1989], 'Predicting across scales: Theory development and testing', *Landscape Ecology* 3(3/4), 245–252.
- Ulbricht, J. und Roth, M. [1996], Untersuchungen an Wirbeltierarten zur Einschätzung der Auswirkungen von Störreizen und Landschaftszerschneidungen - eine Einführung, *in*: A. Waterstraat, H. Baier, R. Holz, H.-J. Spieß und J. Ulbricht, Hrsg., 'Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen', Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur, Mecklenburg-Vorpommern 1, 59–61.
- UM [1990], 'Luftreinhalteplan Stuttgart 1990', Umweltschutz in Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Baden-Württemberg.
- Unwin, D. [1996], Integration through overlay analysis, *in*: M. Fischer, H. Scholten und D. Unwin, Hrsg., 'Spatial Analytical Perspectives on GIS', GISDATA IV, Taylor & Francis, London, 129–138.
- van Bohemen, H. [1998], Habitat Fragmentation and Roads: Strategy, Objectives and Practical Measures for Mitigation and Compensation, *in*: J. Breuste, H. Feldmann und O. Uhlmann, Hrsg., 'Urban Ecology', Springer Verlag, 574–578.
- van Oosterom, P. [1995], 'The development of an interactive multi-scale GIS', *International Journal of Geographical Information Systems* 9(5), 489–507.
- VDI 2310 [1988], *Zielsetzung und Bedeutung der Richtlinien Maximale Immissions-Werte*, VDI-Richtlinie 2310 Blatt 1, VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1, Beuth Verlag, Berlin.
- VDI 3782-1 [1992], *Gaußsches Ausbreitungsmodell für Luftreinhaltepläne*, VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1, VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1, Beuth Verlag, Berlin.

- VDI 3782-8 [1998], *Umweltmeteorologie - Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen*, VDI-Richtlinie 3782, Blatt 8, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b, Beuth Verlag, Berlin.
- VDI, Hrsg. [1988], *Stadtklima und Luftreinhaltung: Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung*, VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, Springer Verlag, Berlin.
- Voogd, H. [1983], *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*, Pion, London.
- VRS [1996], 'Begleituntersuchungen zum Regionalverkehrsplan, Band 1: Analyse 1995 - Textteil', Schriftenreihe Verband Region Stuttgart 1, Stuttgart.
- VRS [1997], 'Landschaftspark Naturraum Filder - Filderpark, Region Stuttgart', Verband Region Stuttgart.
- VRS [1998], 'Begleituntersuchungen zum Regionalverkehrsplan - Band 5: Bezugsszenario 2010 - Verkehrsprognose und Wirkungsabschätzung', Schriftenreihe Verband Region Stuttgart 10, Stuttgart.
- Wachter-Harms, T. und Wendholdt, B. [1995], Zusammenspiel des Expertensystems EXCEPT mit einem Geo-Informationssystem, in: H. Kremers und W. Pillmann, Hrsg., 'Raum und Zeit in Umweltinformationssystemen', 9th International Symposium on Computer Sciences for Environmental Protection, Metropolis-Verlag, Marburg, 201–208.
- Wagensonner, I. und Brand, F. [1997], 'Die Raumempfindlichkeitsanalyse (REA) in der Bundesverkehrswegeplanung', *UVP Spezial* 14, 216–217.
- Walker, P. und Young, M. [1997], 'Using integrated economic and ecological information to improve government policy', *International Journal of Geographical Information Science* 11(7), 619–632.
- Walter, R., Reck, H., Kaule, G., Lämmle, M., Osinski, E. und Heintl, T. [1998], 'Regionalisierte Qualitätsziele, Standards und Indikatoren für die Belange des Arten- und Biotopschutzes in Baden-Württemberg', *Natur und Landschaft* 73(1), 9–25.
- Walter, V. [1997a], *Zuordnung von raumbezogenen Daten - am Beispiel ATKIS und GdF*, Dissertation, Deutsche Geodätische Kommission (DGK), Reihe C, Heft Nr. 480.
- Walter, V. [1997b], *Zuordnung von raumbezogenen Daten - am Beispiel der Datenmodelle ATKIS und GdF*, Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.
- Walter, V. [1999], Automated GIS data collection and update, in: D. Fritsch and R. Spiller, Hrsg., 'Photogrammetric Week '99', Wichmann Verlag, Heidelberg, 267 – 280.
- Walter, V. und Fritsch, D. [1997], Matching Strategies for Integration of Spatial Data from Different Sources, in: 'International Workshop on Dynamic and Multi-Dimensional GIS, 25.-26. August, Hong Kong'.
- Walter, V. und Fritsch, D. [1998], 'Integration von ATKIS- und GdF-Daten mit Hilfe eines relationalen Zuordnungsansatzes', *Zeitschrift für Vermessungswesen* 123(1), 2–10.
- Waterstraat, A., Baier, H., Holz, R., Spieß, H.-J. und Ulbricht, J. [1996], Unzerschnittene, störungsarme Landschaftsräume - Versuch der Beschreibung eines Schutzgutes, Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur, Mecklenburg-Vorpommern 1, 5–24.
- Wiegleb, G. [1997], 'Leitbildmethode und naturschutzfachliche Bewertung', *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 6, 43–62.
- Wilke, H. [1991], *Oracle, Datenbank-Management professionell: Design, Realisierung und Optimierung*, 2. Aufl., Addison-Wesley, Bonn.

- Wu, F. [1998], 'SimLand: a Prototype to simulate Land Conversion through the integrated GIS and CA with AHP-derived Transition Rules', *International Journal of Geographical Information Science* 12(1), 63–82.
- WUMS, Hrsg. [2000], *Wege zu einer umweltverträglichen Mobilität in der Region Stuttgart (Forschungsverbund WUMS)*, Endbericht, Verband Region Stuttgart (<http://www.region-stuttgart.de>). unveröffentlicht.
- Zimmermann, H.-J. und Gutsche, L. [1991], *Multi-criteria-Analyse: Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen*, Springer Verlag, Berlin.
- Zöfel, P. [1988], *Statistik in der Praxis*, 2. Aufl., Gustav Fischer, Stuttgart.

Anhang A

ATKIS Objektartenkatalog

2000 Siedlung	3000 Verkehr	4000 Vegetation	5000 Gewässer	7000 Gebiete
2100 Baulich geprägte Flächen	3100 Straßenverkehr	4100 Vegetationsflächen	5100 Wasserflächen	7100 Gebietskörperschaften
2101 Ortslage 2111 Wohnbaufläche 2112 Industrie- u. Gewerbefläche 2113 Fläche gemischter Nutzung 2114 Fläche bes. fkt. Prägung 2121 Bergbaubetrieb 2122 Abfalldeponie 2123 Raffinerie 2126 Kraftwerk 2127 Umspannwerk 2129 Kläranlage, -werk 2133 Heizwerk 2134 Wasserwerk 2135 Abfallbeseitigungsanlage	3101 Straße 3202 Weg 3103 Platz 3104 Straße (komplex) 3105 Straßenkörper 3106 Fahrbahn	4101 Ackerland 4102 Grünland 4103 Gartenland 4104 Heide 4105 Moor, Moos 4106 Sumpf, nasser Boden 4107 Wald, Forst 4108 Gehölz 4109 Sonderkultur 4120 Vegetationslose Fläche 4199 Fläche z.Z. unbestimmbar	5101 Strom, Fluß, Bach 5102 Kanal (Schifffahrt) 5103 Graben, Kanal (Wasserw.) 5105 Quelle 5112 Binnensee, Stausee, Teich	7106 Gemeinde 7108 Gemeindefreies Gebiet, gemeindefreier Bezirk
2200 Siedlungsfreiflächen	3200 Schienenverkehr		5300 Einr. u. Bauw. an Gewässern	7200 Geogr. Gebietseinheiten
2201 Sportanlage 2202 Freizeitanlage 2213 Friedhof 2227 Grünanlage 2228 Campingplatz	3201 Schienenbahn 3203 Schienenbahn (komplex) 3204 Bahnkörper 3205 Bahnstrecke		5302 Talsperre, Wehr 5303 Schleuse	7211 Insel 7299 Grenze
2300 Bauwerke u. sonst. Einricht.	3300 Flugverkehr			
2301 Tagebau, Grube, Steinbruch 2302 Halde, Aufschüttung 2314 Absetzbecken u.a.	3301 Flughafen 3302 Flugplatz, Landeplatz			
	3400 Schiffsverkehr			
	3402 Hafenbecken 3403 Schifffahrtslinie			
	3500 An. u. Bauw. f. Verkehr, Transport u. Kommunikation			
	3501 Bahnhofsanlage 3502 Raststätte 3512 Anlegestelle, Anleger 3513 Tunnel 3514 Brücke, Über- u. Unterführung 3522 Stationierungspunkt, Kilometerstein 3513 Kabelleitung			

Abbildung A.1: ATKIS Objektartenkatalog

Anhang B

Objektebene I

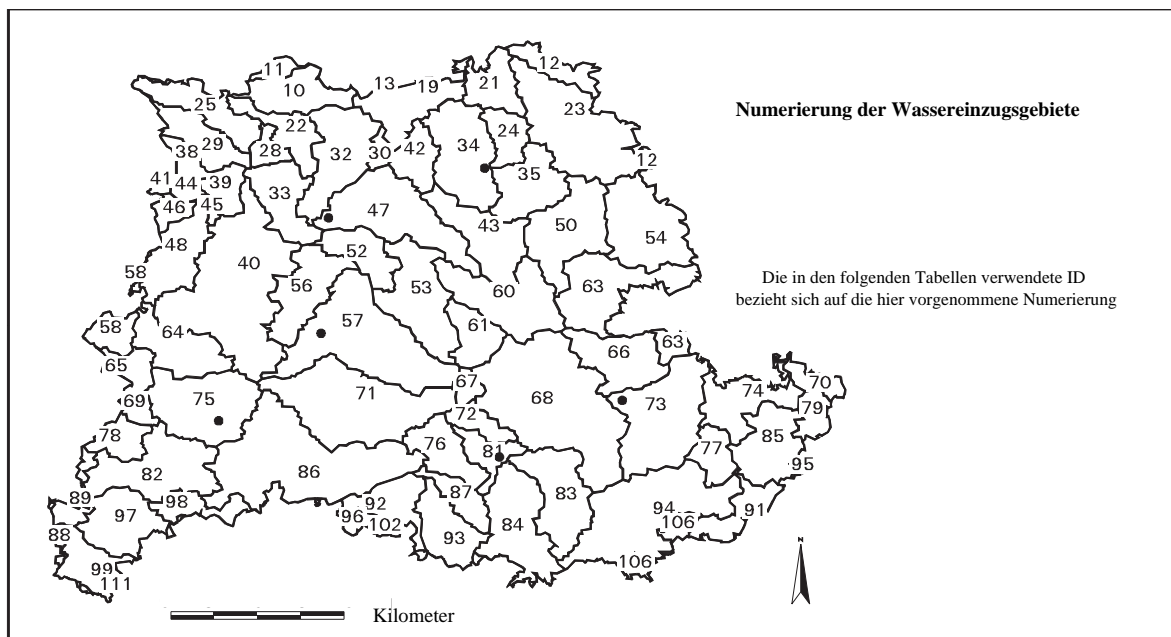


Abbildung B.1: Numerierung der Wassereinzugsgebiete innerhalb der Region Stuttgart

Tabelle B.1: Einteilung der Wassereinzugsgebiete in Urbanitätskategorien
(No=ID des Wassereinzugsgebiets- siehe auch Anhang B.1

No.	Regressionsgerade	Kategorie	No.	Regressionsgerade	Kategorie
10	$y = -0.011307x + 0.175882$	urban	65	$y = 0.006876x + 0.094057$	suburban
11	$y = -0.034058x + 0.278275$	urban	66	$y = 0.040011x - 0.055036$	ländlich
12	$y = -0.020938x + 0.219221$	urban	67	$y = 0.012043x + 0.070807$	suburban
13	$y = 0.032800x - 0.022600$	ländlich	68	$y = 0.032312x - 0.020404$	ländlich
19	$y = 0.023417x + 0.019625$	suburban	69	$y = 0.081950x - 0.243775$	ländlich
21	$y = 0.027377x + 0.001814$	suburban	70	$y = 0.083317x - 0.249925$	ländlich
22	$y = 0.030107x - 0.010482$	ländlich	71	$y = -0.027723x + 0.249739$	urban
23	$y = 0.015627x + 0.054689$	suburban	72	$y = 0.026943x + 0.003757$	suburban
24	$y = 0.043661x - 0.071486$	ländlich	73	$y = 0.025594x + 0.009839$	suburban
25	$y = 0.059424x - 0.142407$	ländlich	74	$y = 0.038074x - 0.046332$	ländlich
28	$y = -0.017215x + 0.202482$	urban	75	$y = -0.001406x + 0.131339$	urban
29	$y = 0.046998x - 0.086489$	ländlich	76	$y = 0.022537x + 0.023596$	suburban
30	$y = -0.005730x + 0.150771$	urban	77	$y = 0.062832x - 0.157757$	ländlich
32	$y = -0.012844x + 0.182811$	urban	78	$y = 0.031157x - 0.015207$	ländlich
33	$y = -0.001395x + 0.131279$	urban	79	$y = 0.065910x - 0.171593$	ländlich
34	$y = -0.006354x + 0.153604$	urban	81	$y = 0.008002x + 0.088989$	suburban
35	$y = 0.016905x + 0.048929$	suburban	82	$y = 0.032656x - 0.021939$	ländlich
38	$y = 0.006615x + 0.095243$	suburban	83	$y = 0.040850x - 0.058825$	ländlich
39	$y = 0.050221x - 0.100996$	ländlich	84	$y = 0.054444x - 0.120011$	ländlich
40	$y = 0.010392x + 0.078225$	suburban	85	$y = 0.054950x - 0.122275$	ländlich
41	$y = -0.044693x + 0.326118$	urban	86	$y = 0.043020x - 0.068579$	ländlich
42	$y = 0.001967x + 0.116150$	suburban	87	$y = 0.057388x - 0.133246$	ländlich
43	$y = 0.015546x + 0.055029$	suburban	88	$y = -0.037636x + 0.294361$	urban
44	$y = -0.021930x + 0.223671$	urban	89	$y = 0.033031x - 0.023639$	ländlich
45	$y = 0.071848x - 0.198314$	ländlich	90	$y = 0.043500x - 0.070750$	ländlich
46	$y = 0.027063x + 0.003204$	suburban	91	$y = 0.033229x - 0.024529$	ländlich
47	$y = 0.001311x + 0.119089$	suburban	92	$y = -0.025457x + 0.239557$	urban
48	$y = 0.029948x - 0.009764$	ländlich	93	$y = 0.055173x - 0.123289$	ländlich
50	$y = 0.039448x - 0.052514$	ländlich	94	$y = 0.063555x - 0.160996$	ländlich
52	$y = -0.021549x + 0.221957$	urban	95	$y = -0.024698x + 0.236139$	urban
53	$y = 0.001198x + 0.119611$	suburban	96	$y = -0.051964x + 0.358839$	urban
54	$y = -0.003276x + 0.139743$	urban	97	$y = -0.024171x + 0.233771$	urban
56	$y = -0.017627x + 0.204336$	urban	98	$y = 0.083050x - 0.248725$	ländlich
57	$y = -0.038754x + 0.299404$	urban	99	$y = 0.018256x + 0.042861$	suburban
58	$y = -0.010142x + 0.170625$	urban	102	$y = -0.032339x + 0.270539$	urban
60	$y = 0.036001x - 0.037018$	ländlich	103	$y = 0.012750x + 0.067625$	suburban
61	$y = 0.062621x - 0.156796$	ländlich	106	$y = 0.007127x + 0.092939$	suburban
62	$y = 0.083333x - 0.250000$	ländlich	111	$y = -0.072410x + 0.450843$	urban
63	$y = 0.036476x - 0.039143$	ländlich	112	$y = 0.059524x - 0.142857$	ländlich
64	$y = 0.028636x - 0.003861$	ländlich			

Tabelle B.2: Bewertung der Vorbelastung mit dem AHP für die Region Stuttgart
 No.=ID des Wassereinzugsgebiets, R_E =Randnutzung, L_E =Lage, V_E =Verbauung, VB_E = Vorbelastung

No.	R_E	Rang	L_E	Rang	V_E	Rang	VB_E	Rang
10	0.006663	4	0.004000	3	0.005772	2	0.005909	25
11	0.046639	1	0.004000	3	0.017315	1	0.033121	4
12	0.046639	1	0.004000	3	0.017315	1	0.033121	4
13	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
19	0.009328	3	0.008000	2	0.017315	1	0.009761	15
21	0.046639	1	0.008000	2	0.017315	1	0.034125	3
22	0.009328	3	0.024000	1	0.005772	2	0.012669	11
23	0.046639	1	0.008000	2	0.017315	1	0.034125	3
24	0.015546	2	0.024000	1	0.017315	1	0.017838	5
25	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
28	0.009328	3	0.004000	3	0.017315	1	0.008757	16
29	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
30	0.006663	4	0.004000	3	0.017315	1	0.007017	21
32	0.009328	3	0.004000	3	0.003463	3	0.007427	19
33	0.009328	3	0.004000	3	0.005772	2	0.007649	18
34	0.006663	4	0.004000	3	0.003463	3	0.005687	26
35	0.015546	2	0.008000	2	0.017315	1	0.013822	7
38	0.009328	3	0.008000	2	0.017315	1	0.009761	15
39	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
40	0.009328	3	0.008000	2	0.017315	1	0.009761	15
41	0.009328	3	0.004000	3	0.005772	2	0.007649	18
42	0.009328	3	0.008000	2	0.017315	1	0.009761	15
43	0.006663	4	0.008000	2	0.017315	1	0.008021	17
44	0.009328	3	0.004000	3	0.005772	2	0.007649	18
45	0.005182	5	0.024000	1	0.017315	1	0.011070	14
46	0.009328	3	0.008000	2	0.017315	1	0.009761	15
47	0.006663	4	0.008000	2	0.002474	4	0.006596	23
48	0.005182	5	0.024000	1	0.017315	1	0.011070	14
50	0.046639	1	0.024000	1	0.017315	1	0.038141	1
52	0.006663	4	0.004000	3	0.005772	2	0.005909	25
53	0.015546	2	0.008000	2	0.003463	3	0.012492	12
54	0.015546	2	0.004000	3	0.017315	1	0.012818	9
56	0.015546	2	0.004000	3	0.017315	1	0.012818	9
57	0.005182	5	0.004000	3	0.002474	4	0.004625	27
58	0.009328	3	0.004000	3	0.017315	1	0.008757	16
60	0.015546	2	0.024000	1	0.017315	1	0.017838	5
61	0.046639	1	0.024000	1	0.017315	1	0.038141	1
63	0.046639	1	0.024000	1	0.017315	1	0.038141	1
64	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
65	0.009328	3	0.008000	2	0.017315	1	0.009761	15

Fortführung Tabelle B.2

No.	R_E	Rang	L_E	Rang	V_E	Rang	VB_E	Rang
66	0.015546	2	0.024000	1	0.005772	2	0.016730	6
67	0.005182	5	0.008000	2	0.017315	1	0.007054	20
68	0.015546	2	0.024000	1	0.005772	2	0.016730	6
69	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
71	0.009328	3	0.004000	3	0.005772	2	0.007649	18
72	0.006663	4	0.008000	2	0.017315	1	0.008021	17
73	0.006663	4	0.008000	2	0.003463	3	0.006691	22
74	0.015546	2	0.024000	1	0.017315	1	0.017838	5
75	0.009328	3	0.004000	3	0.017315	1	0.008757	16
76	0.015546	2	0.008000	2	0.005772	2	0.012714	10
77	0.015546	2	0.024000	1	0.017315	1	0.017838	5
78	0.005182	5	0.024000	1	0.017315	1	0.011070	14
81	0.005182	5	0.008000	2	0.017315	1	0.007054	20
82	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
83	0.015546	2	0.024000	1	0.017315	1	0.017838	5
84	0.006663	4	0.024000	1	0.017315	1	0.012037	13
85	0.015546	2	0.024000	1	0.017315	1	0.017838	5
86	0.015546	2	0.024000	1	0.017315	1	0.017838	5
87	0.015546	2	0.024000	1	0.005772	2	0.016730	6
88	0.009328	3	0.004000	3	0.017315	1	0.008757	16
89	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8
90	0.005182	5	0.024000	1	0.017315	1	0.011070	14
91	0.005182	5	0.024000	1	0.017315	1	0.011070	14
92	0.009328	3	0.004000	3	0.005772	2	0.007649	18
93	0.015546	2	0.024000	1	0.005772	2	0.016730	6
94	0.005182	5	0.024000	1	0.017315	1	0.011070	14
96	0.005182	5	0.004000	3	0.017315	1	0.006050	24
97	0.009328	3	0.004000	3	0.017315	1	0.008757	16
98	0.046639	1	0.024000	1	0.005772	2	0.037033	2
99	0.009328	3	0.008000	2	0.017315	1	0.009761	15
102	0.005182	5	0.004000	3	0.017315	1	0.006050	24
112	0.009328	3	0.024000	1	0.017315	1	0.013777	8

Tabelle B.3: Indikatoren der Zusatzbelastung für die Region Stuttgart

Fl. = Fläche in km², BI_E Betriebsindikator, BIS_E Standardisierter Betriebsindikator, NQ_E Anzahl der Querungen Straße/Gewässer, LS_E/LG_E Verhältnis Straßenlänge/Gewässerlänge, BS_E Mittlere Straßenbreite, AI_E Anlageindikator, AIS_E Standardisierter Anlageindikator, ZB_E Zusatzbelastung

No.	Fl.	BI_E	BIS_E	NQ_E	LS_E/LG_E	BS_E	AI_E	AIS_E	ZB_E
10	45.33	26349558.97	0.13	16	1.06	5.83	105.21	0.33	0.47
11	15.95	2768502.47	0.03	0	62.66	5.05	316.62	3.52	3.55
12	51.16	2068596.19	0.00	56	0.29	4.63	76.34	0.18	0.18
13	2.08	72360.09	0.00	0	0.58	4.01	2.32	0.11	0.11
19	51.76	21128036.27	0.09	53	0.57	5.72	176.74	0.53	0.62
21	35.04	3292954.69	0.01	74	0.31	4.74	111.43	0.49	0.50
22	34.84	16306944.22	0.11	10	1.43	6.04	95.19	0.41	0.51
23	116.55	23411116.99	0.04	81	0.24	5.18	103.46	0.07	0.11
24	26.09	2108918.50	0.01	13	0.27	6.37	24.43	0.08	0.09
25	46.82	3875466.86	0.01	39	0.42	5.38	91.36	0.26	0.27
28	13.45	6430738.46	0.11	11	1.71	5.86	120.41	1.54	1.65
29	38.31	6617002.12	0.03	37	0.46	5.84	102.30	0.39	0.43
30	7.48	1482819.47	0.04	11	1.40	6.42	107.95	2.53	2.57
32	71.00	136080197.90	0.47	34	1.37	6.01	288.53	0.65	1.12
33	48.05	59337947.17	0.30	8	1.68	6.31	95.47	0.27	0.57
34	76.90	100045743.78	0.32	58	0.89	6.04	316.58	0.66	0.97
35	52.67	24364561.62	0.10	61	0.49	5.64	172.43	0.50	0.61
38	13.91	1480722.63	0.01	11	0.98	6.54	76.52	0.91	0.92
39	21.37	2012353.86	0.01	6	1.17	6.61	54.08	0.37	0.38
40	184.70	855431599.48	1.16	59	1.33	6.59	523.88	0.42	1.58
41	5.45	272442.75	0.00	5	0.49	6.57	19.28	0.55	0.55
42	29.41	8692838.43	0.06	15	0.90	6.24	89.81	0.46	0.53
43	61.65	50680272.66	0.20	38	0.84	5.82	189.75	0.47	0.66
44	8.51	1687234.97	0.04	9	1.07	7.09	75.61	1.53	1.56
45	4.61	248731.56	0.00	4	0.94	7.04	33.04	1.21	1.21
46	25.58	1430709.23	0.00	4	0.65	5.73	18.49	0.04	0.04
47	96.40	328447100.46	0.85	26	1.90	6.27	320.93	0.51	1.36
48	51.44	11859249.88	0.05	7	3.12	5.80	144.54	0.42	0.47
50	77.69	31846398.20	0.09	60	0.28	5.81	99.25	0.14	0.23
52	36.64	55502992.84	0.37	8	2.58	6.71	156.05	0.68	1.05
53	77.31	298247259.60	0.96	38	1.61	6.73	422.81	0.90	1.87
54	81.80	20907022.27	0.05	41	0.45	5.24	98.59	0.13	0.18
56	57.85	194752774.47	0.84	8	2.17	7.28	142.24	0.36	1.20
57	138.60	2988676406.74	5.45	45	3.78	7.24	1257.70	1.56	7.01
58	46.45	6830904.93	0.02	6	1.34	6.04	56.64	0.13	0.16
60	77.07	101631286.93	0.32	40	0.81	6.29	210.10	0.40	0.73
61	32.66	6934352.00	0.04	24	0.52	5.76	74.72	0.33	0.37
63	175.91	46362056.06	0.05	76	0.24	6.07	113.71	0.03	0.08
64	51.00	43305092.83	0.20	14	1.89	6.44	182.48	0.56	0.76
65	21.60	3696673.04	0.03	5	1.93	6.40	73.98	0.53	0.56

Fortführung Tabelle B.3

No.	Fl.	BI_E	BIS_E	NQ_E	LS_E/LG_E	BS_E	AI_E	AIS_E	ZB_E
66	56.69	31874917.94	0.13	26	0.56	6.54	98.29	0.22	0.35
67	10.57	5572721.22	0.12	8	1.82	6.94	113.93	1.87	1.99
68	187.73	419323017.87	0.55	117	0.65	6.46	494.63	0.39	0.94
69	11.25	114434.60	0.00	2	0.49	4.96	7.22	0.03	0.03
71	132.06	919635596.99	1.75	64	1.55	6.78	681.22	0.85	2.60
72	18.95	10086554.67	0.12	5	1.27	6.72	51.33	0.40	0.52
73	102.74	189874784.77	0.46	70	0.73	7.25	375.97	0.57	1.03
74	51.98	5385831.20	0.01	28	0.38	6.57	72.57	0.16	0.18
75	85.78	317086077.71	0.92	33	1.80	7.18	438.34	0.84	1.76
76	40.04	36540364.92	0.22	17	0.89	6.64	107.04	0.40	0.61
77	25.26	2464492.56	0.01	10	0.32	7.26	25.19	0.09	0.10
78	24.03	1681153.08	0.01	10	1.74	5.37	102.67	0.69	0.69
81	23.86	21374902.69	0.21	23	0.91	6.59	143.35	1.00	1.22
82	82.03	46261982.83	0.13	34	0.71	6.64	164.56	0.27	0.40
83	67.66	39827318.37	0.14	49	0.60	6.08	181.57	0.40	0.53
84	77.26	42256799.60	0.13	33	0.58	6.27	123.27	0.20	0.33
85	55.57	6747775.33	0.02	31	1.52	5.73	278.75	0.82	0.84
86	343.98	417883348.94	0.29	144	0.62	6.21	555.08	0.20	0.50
87	24.12	5217273.83	0.04	14	0.38	6.26	35.44	0.18	0.22
88	10.67	138219.86	0.00	0	8.06	6.50	52.41	0.80	0.80
89	15.73	604109.86	0.00	0	7.63	6.30	48.08	0.46	0.46
90	0.27	6050.62	0.00	0	0.33	8.00	2.62	1.69	1.69
91	33.07	4052114.32	0.02	2	4.48	6.13	82.47	0.36	0.38
92	36.61	30125828.52	0.20	28	1.21	6.02	211.98	0.96	1.16
93	45.06	17030905.27	0.08	26	0.55	6.46	96.41	0.30	0.38
94	130.80	75431186.67	0.13	71	1.02	6.28	462.19	0.55	0.68
96	5.94	243686.78	0.00	7	1.06	5.94	50.33	1.45	1.45
97	54.72	32953550.01	0.14	20	1.55	6.20	202.32	0.58	0.72
98	24.30	39491.40	0.00	1	0.01	6.57	0.19	0.00	0.00
99	35.65	8708334.85	0.05	5	1.65	6.26	61.92	0.22	0.27
102	31.39	7307587.17	0.05	36	1.48	6.36	349.05	1.93	1.98

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Projekts "Wege zu einer umweltverträglichen Mobilität in der Region Stuttgart", das von den Ministerien für Wissenschaft und Forschung, für Umwelt und Verkehr und für Wirtschaft Baden-Württembergs sowie dem Verband Region Stuttgart von Oktober 1995 bis Dezember 1998 gefördert wurde. Das Institut für Landschaftsplanung und Ökologie der Universität Stuttgart war dabei zuständig für den Teilbereich Immissionsmodellierung und ökologische Wirkungsanalysen.

Herr Prof. Giselher Kaule, der Leiter des Instituts für Landschaftsplanung und Ökologie, ermöglichte die Anfertigung dieser Arbeit. Diesbezüglich sowie für seine ständige Diskussionsbereitschaft möchte ich mich herzlich bedanken.

Herrn Prof. Dieter Fritsch vom Institut für Photogrammetrie danke ich für die Übernahme der Mitberichterstattung. An seinem Institut konnte ich wichtige GIS-Kenntnisse erwerben, ohne die eine Bearbeitung der hier untersuchten Thematik nicht möglich gewesen wäre.

Mein besonderer Dank gilt Volker Walter für seine Unterstützung bei allen Problemen im Bereich der EDV. Ohne ihn wäre der Einstieg in die Geo-Informatik um vieles schwerer gewesen.

Zahlreiche Impulse für meine Arbeit verdanke ich der "Doktorandinnen-Gruppe", bestehend aus Karin Amler, Susanne Koss und Elisabeth Osinski. Der von ihnen ausgeübte "Motivationsdruck" hat sicherlich auch zu einer Verkürzung der Bearbeitungszeit beigetragen.

Sylvia Herrmann gilt mein Dank für wichtige Hinweise bei konzeptionellen Fragestellungen. Bei Hans Georg Schwarz-von Raumer möchte ich mich für seine Diskussionsbereitschaft bezüglich der "Bewertungsproblematik" bedanken. Matthias Güthler hat wertvolle Korrekturarbeit sowie moralische Unterstützung geleistet. Und nicht zuletzt danke ich Karl-Heinrich Anders und Monika Sester für ihre ständige Hilfsbereitschaft bei technischen Schwierigkeiten und sonstigen Problemen.

Lebenslauf

CAROLA STAUCH

Geburtstag 11.01.1961
Geburtsort Frankfurt/Main

SCHULE UND STUDIUM

1967 – 1981 Grundschule / Gymnasium, Ulm
1981 – 1982 Kaufmännisches Berufskolleg, Ulm
1982 – 1985 Studium der Geographie, Universität Stuttgart
Vordiplom
1985 – 1987 Studium der Geographie, Oregon State University,
Corvallis, OR (USA)
Master of Science
1987 – 1990 Studium der Geographie, Universität Stuttgart
Diplom

BERUFSTÄTIGKEIT

12.09.90 – 21.04.92 Stadtplanungsamt, Landeshauptstadt Stuttgart,
Abteilung Grünordnungsplanung
22.04.92 – 31.03.93 Amt für Umweltschutz, Landeshauptstadt Stuttgart,
Abteilung Umweltplanung und Naturschutz
01.04.93 – 31.10.95 Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart
Seit 01.11.95 Institut für Landschaftsplanung und Ökologie,
Universität Stuttgart