

Bewertung von Umweltwirkungen durch den Verkehr

Carola STAUCH, Petra ROEDEL, Walter SCHEUERER & Giselher KAULE

(Dipl.-Geogr. Carola STAUCH; e-mail: cs@ilpoe.uni-stuttgart.de; Dipl.-Ing. Petra ROEDEL; Dipl.-Geogr. Walter SCHEUERER;
Prof. Dr. Giselher KAULE; alle: Institut für Landschaftsplanung und Ökologie Universität Stuttgart, Azenbergstr. 12, D-70174 Stuttgart)

1. EINFÜHRUNG

Die starke Zunahme des Verkehrsaufkommens in den vergangenen Jahrzehnten hat insbesondere in den Verdichtungsräumen zu erheblichen negativen Auswirkungen auf die Umwelt geführt. Das Projekt "Wege zu einer umweltverträglichen Mobilität - am Beispiel der Region Stuttgart" versucht die ganze Komplexität von Mobilität in einem Verdichtungsraum zu erfassen und verfolgt daher einen interdisziplinären Ansatz, in dem ökologische genauso wie ökonomische und soziale Auswirkungen mit dem Ziel einer umweltverträglichen Verkehrsentwicklung betrachtet werden. In diesem Artikel nun wird die Vorgehensweise des Teilprojekts beschrieben, das sich mit den ökologischen Auswirkungen befaßt. Dabei wird im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen eine Analyse der Region mithilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) vorgenommen, wobei der Schwerpunkt auf den Analysemöglichkeiten des GIS liegt und nicht auf der reinen Darstellung. Damit kann dem Planer ein computergestütztes Werkzeug in die Hand gegeben werden, mit dem er sich die ökologischen Auswirkungen verschiedener Szenarien konkret anzeigen lassen kann.

2. ÖKOLOGISCHE PLANUNG

In ihren „Leitlinien zur Umweltvorsorge“ hat die Bundesregierung betont, daß die Politik der Emissionsminderung (Gefahrenabwehr, Risikovorsorge) zum Schutz von Mensch und Umwelt nicht ausreiche, sondern „durch konkrete Umweltqualitätsziele ergänzt werden“ müsse (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1986). Der Begriff der Umweltqualitätsziele (UQZ) ist erst innerhalb der letzten Jahre entwickelt und verstärkt in die Diskussion einer ökologischen Planung, deren Teilaufgabe auch die umweltverträgliche Gestaltung der Mobilität ist, eingebracht worden (siehe z.B. FÜRST et al., 1992).

2.1. Aufstellung von Bewertungsmaßstäben

Der Einsatz von Umweltqualitätszielen und -standards als Bewertungs- und Planungsinstrumente für eine umweltverträgliche Mobilität soll am Beispiel der Region Stuttgart getestet werden. Dies bedeutet zum einen, daß zunächst definiert werden muß, wie „umweltverträgliche Mobilität“ auszusehen hat und wie sie in Zukunft zur Sicherung natürlicher Ressourcen bzw. zur Gewährleistung der Lebensqualität zukünftiger Generationen im Sinne des Nachhaltigkeitsprinzips erreicht werden kann. Abgeleitet aus obersten Zielsetzungen (Leitbild, Leitlinien), sind die UQZ wiederum Voraussetzung für die Ableitung von quantitativen Umweltqualitätsstandards (UQS). Die UQZ/UQS sind auf eine langfristige Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen ausgerichtet, d.h. vorsorgeorientiert, da es bei Vorsorge stets darum geht, theoretisch mögliche bzw. vermutete und nicht wie bei der Gefahrenabwehr hinreichend wahrscheinliche Umweltschäden zu vermeiden. Die Orientierung an diesen Umweltqualitätszielen und -standards soll bewirken, daß die verkehrsbedingten Belastungen der Umwelt durch die Ergreifung von geeigneten Maßnahmen in Zukunft reduziert bzw. in bestimmten Gebieten minimiert, zukünftige Fehlentwicklungen in der Verkehrsplanung vermieden werden und eine zukunftsweisende Regional- und Stadtentwicklung ermöglicht wird.

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Einbindung von UQZ//UQS als Planungs- und Bewertungsmaßstäbe in den Planungsprozeß:

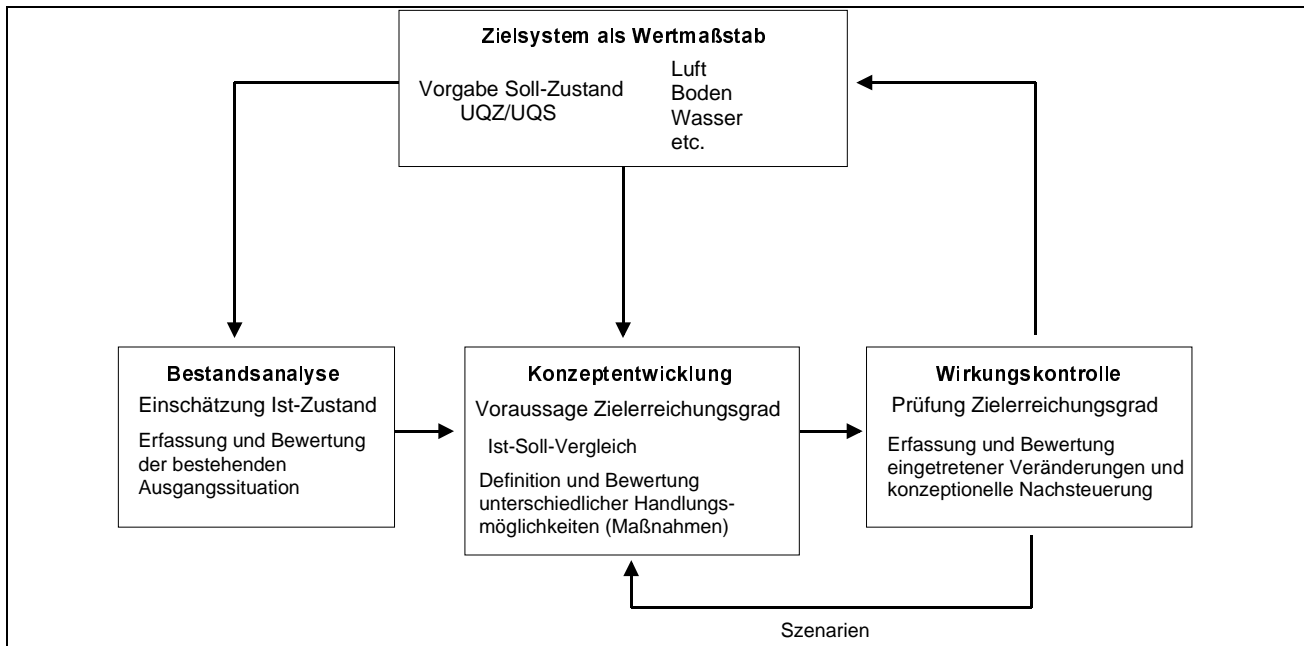


Abbildung 5: UQZ/UQS als Bewertungsmaßstäbe im Planungsprozeß (verändert n. FLUCK & REUTTER, 1993)

Basierend auf einem Verschlechterungsverbot der Umweltqualität in der Region Stuttgart wurden für verschiedene Umweltmedien bzw. deren Nutzungen (Oberflächengewässer und Grundwasser, Boden (Nutzungsfunktion Landwirtschaft), Luft/Klima, Erholung und Arten/Biotope) Umweltqualitätsziele aufgestellt. Zur Operationalisierung wurden für die Bereiche, die sich quantifizieren lassen, in der Literatur vorhandene Umweltqualitätsstandards zur Bewertung der Umweltsituation herangezogen (Immissionsstandards für Luft, Lärm und Boden). Dabei erfolgte eine Differenzierung der UQS in Grenzwerte, die nicht überschritten werden dürfen (z.B. TA Luft), in Vorsorgewerte und die, bis zum Jahr 2010 zu erreichenden Zielwerte, die sich an einer strengen Vorsorge zum Schutz der menschlichen Gesundheit und von Pflanzen und Tieren orientieren.

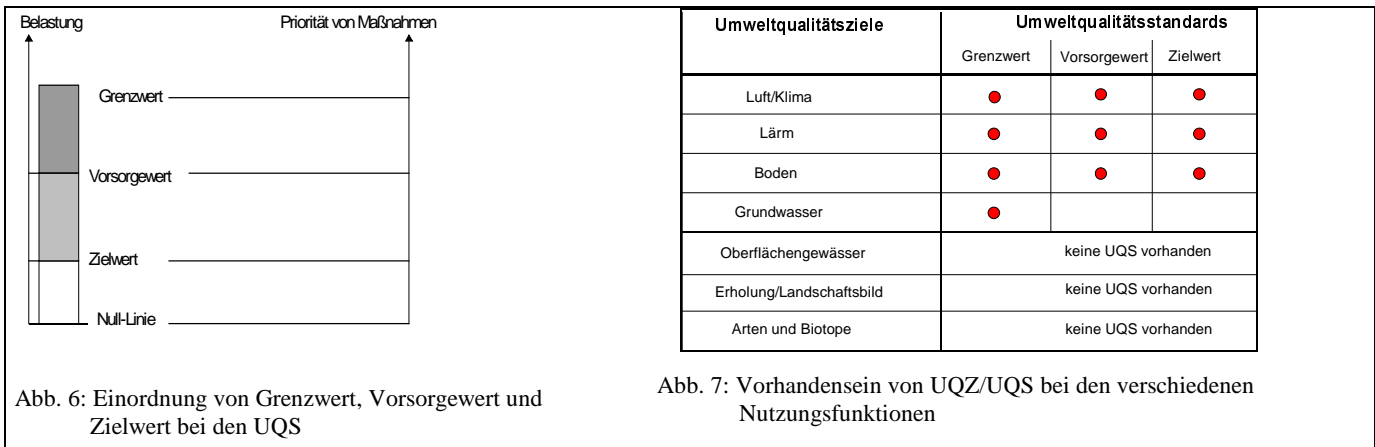


Abb. 6: Einordnung von Grenzwert, Vorsorgewert und Zielwert bei den UQS

Abb. 7: Vorhandensein von UQZ/UQS bei den verschiedenen Nutzungsfunktionen

Bei Unterschreitung der Zielwerte sind keine Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität erforderlich, da nach heutigen wissenschaftlichen Erkenntnissen eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit, der Pflanzen und Tiere auszuschließen ist. Bei Überschreitung der Grenzwerte hingegen kann diese Gefährdung nicht ausgeschlossen werden, d.h. es müssen Maßnahmen zur Verringerung der Belastung ergriffen werden. Ein Überschreiten der als Vorsorgewerte bezeichneten Standards, die zwischen Grenz- und Zielwerten angesiedelt sind, macht Maßnahmen erforderlich, um einer Verschlechterung der Luftqualität in Richtung Grenzwert entgegenzuwirken.

UQS stellen ein Bewertungsinstrument dar, um eine Aussage über die quantitative Abweichung der Umweltsituation (IST) von den Standards (SOLL) zu treffen und ermöglichen somit eine Bewertung des IST-Zustandes der Umwelt. Zudem liefern sie die Gründe für die Dringlichkeit von Maßnahmen, um die

verkehrsbedingten Belastungen in der Region Stuttgart zu verringern. Durch Messungen und Modellberechnungen kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob und inwieweit die Ziele bzw. Standards durch den Einsatz unterschiedlicher Maßnahmen erreicht wurden oder überhaupt erreicht werden können. Die Wirkungs- und Erfolgskontrolle von Maßnahmen wird in Form von verschiedenen Szenarien durchgeführt, in denen z.B. die Wirkung von siedlungsstrukturellen oder ordnungs- und preispolitischen Maßnahmen zur Reduzierung von verkehrsbedingten Belastungen getestet werden kann.

2.2. Bewertung der Empfindlichkeit

Die Empfindlichkeit wird definiert als der Grad der Empfindlichkeit der Lebensräume, der Lebensgemeinschaften und der Arten gegenüber Einwirkungen durch den Verkehr. Empfindliche Gebiete sind schwer bzw. gar nicht wiederherstellbar. Es wurden sechs Bereiche definiert, für die Empfindlichkeitskarten erstellt wurden. Dies sind die Naturraumpotentiale Arten und Biotope, Auen/Oberflächengewässer, Grundwasser sowie die Nutzungen Landwirtschaft, Erholung und Siedlung. Datengrundlage ist zum einen das Amtlich Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS, das in Baden-Württemberg fast flächendeckend vorliegt. Zum anderen werden das digitale Höhenmodell, geologische Karten, Schutzgebietsausweisungen, die Biotopkartierung der Landesanstalt für Umweltschutz und andere z.T. nur analog vorliegende Fachdaten genutzt, um flächendeckend Empfindlichkeitskarten zu erstellen. Durch eine Überlagerung des Verkehrsnetzes mit den Empfindlichkeitskarten können die direkt und indirekt durch den Verkehr beeinflussten Flächen der betroffenen Empfindlichkeitsstufen quantifiziert, besonders betroffene Flächen ausgewiesen und die Einhaltung und Erreichbarkeit der Umweltqualitätsziele und -standards durch eine Bestimmung des Zielerreichungsgrades überprüft werden.

3. RÄUMLICHE ANALYSE AUF DER REGIONALEN MAßSTABSEBENE

Die Wirkung von Straßen auf die Umwelt läßt sich in zwei Hauptgruppen einteilen. Dies ist zum einen die Belastung mit Schadstoffen bzw. Lärm, die einen Rückgang empfindlicher Arten zur Folge hat, zum anderen die Trennwirkung der Straße, die eine Zerschneidung von Lebensräumen verursacht und eine z.T. unüberwindliche Barriere für Flora und Fauna darstellt. Diese Belastungen werden zunächst auf der regionalen Maßstabsebene untersucht. Zunächst wird für den gesamten Untersuchungsraum die Immissionsbelastung, sowie die Flächenzerschneidung und Flächenbeeinträchtigung quantifiziert. Dies ist durch die Größe des Untersuchungsgebiets (ca. 3600 km²) und die daraus entstehende Datenmenge keine triviale Aufgabe. Auf der mittleren und lokalen Ebene wird daraufhin in Bereiche mit starken Beeinträchtigungen „hinein-gezoomt“, um dort mit speziellen Modellen zu einer detaillierteren Aussage hinsichtlich der Immissionsbelastung zu kommen. Im folgenden wird die Modellierung auf regionaler Ebene vorgestellt.

3.1. Berechnung der Immissionsbelastung

Die Immissionsbelastung beim Verkehr geht von einer linienförmigen Emissionsquelle aus und nimmt mit der Entfernung zum Emissionsort ab. Zur Simulation der Belastung werden Pufferbreiten festgelegt, die auf der Schadstoff- und Lärmausbreitung beruhen. Die Ausbreitung der Belastung hängt von der an die Straße angrenzenden Nutzung und der Topographie ab.

Es werden Belastungsbänder entlang der Straßen generiert, die von der zu betrachtenden Funktion abhängig sind. Beispielsweise ist die Lärmbelastung für die Funktion Landwirtschaft bedeutungslos, während sie für die Funktion Siedlung oder auch Arten und Biotope eine große Rolle spielt. Die Breite der Belastungsbänder ist abhängig von der Anzahl der Fahrzeuge sowie der Ausbreitungsbedingungen. Die Lärmausbreitung und Luftbelastung wird berechnet, während bei der Belastung des Bodens und des Grundwassers durch Immissionen auf Messungen zurückgegriffen wird, die in der Literatur beschrieben sind.

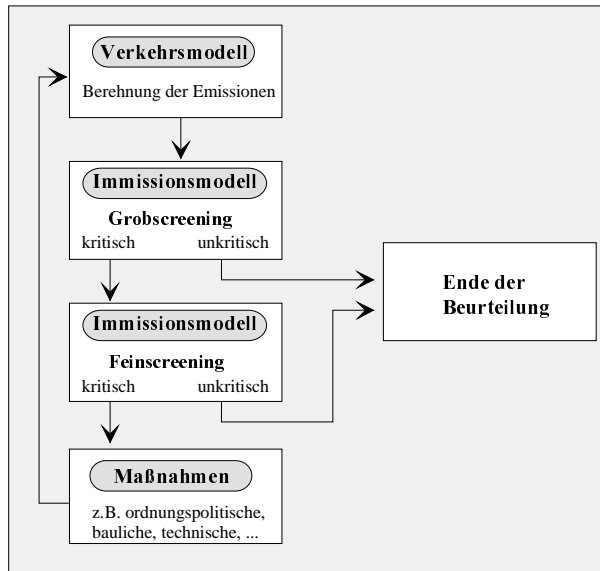


Abb. 8: Ablaufdiagramm zur Beurteilung der verkehrsbedingten Immissionen

Um zu einer Immissionsprognose zu kommen, sind geeignete Modelle notwendig mit Hilfe derer die Kette Emission - Transmission - Immission genauer abgeschätzt werden kann. Es lassen sich im wesentlichen zwei Verfahren bei der mathematischen Beschreibung der Problematik der Schadstoffausbreitung unterscheiden:

- Einfachere Nachweisverfahren (Grob-screening), die es mit relativ geringem Datenaufwand in kurzer Zeit ermöglichen, einen Überblick zu erhalten und festzustellen, ob detaillierter Untersuchungsbedarf besteht oder nicht,
- höherwertige numerische Nachweisverfahren (Feinscreening), die mit entsprechend höherem Rechenaufwand genauere Ergebnisse unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflußgrößen liefern.

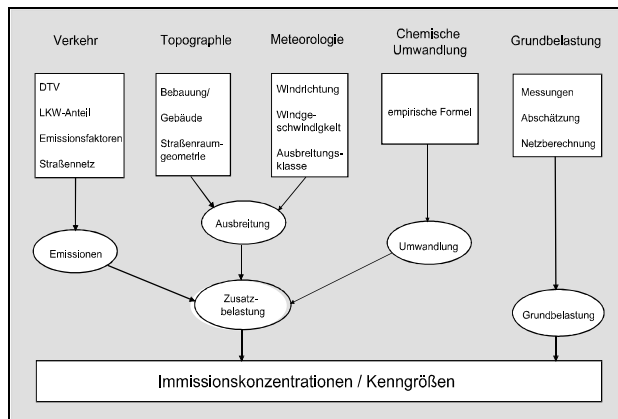


Abb. 9: Einflußgrößen bei der Immissionsberechnung für Luftschadstoffe

Die Basis für die Immissionsberechnung auf der regionalen Modellebene stellt ein Grobscreening-Verfahren dar, das Streckenabschnitte, die unterhalb der Grenzwerte liegen, von Abschnitten, die eventuell Überschreitungen aufweisen, trennt. An das Grobscreening schließt sich auf der mittleren und lokalen Modellebene ein Feinscreening mit fortgeschrittenen Modellverfahren an, welche die möglichen Immissionskonzentrationen in höherer Auflösung berechnen. Fortgeschrittenere Modelle haben dabei den Vorteil, daß sie Strömungs- und Ausbreitungsverhalten auch komplexerer Bebauungsstrukturen nachbilden können.

Im Kontext der Modellauswahl stellt sich immer auch die Frage der Validierung, da die Akzeptanz von Modellen als Planungsinstrument in hohem Maße von der Qualität der Modellresultate abhängig ist, d.h. von der Fähigkeit des Modells, vorliegende Meßdaten mit einer ausreichenden Genauigkeit zu reproduzieren. Dazu werden Validierungsrechnungen in Zusammenarbeit mit verschiedenen Institutionen durchgeführt und die jeweiligen Flächen als Testgebiete miteinbezogen, an denen aktuelle Meßdatensätze erhoben werden. Dabei muß beachtet werden, daß die Messungen die Gesamtimmisionsbelastung repräsentieren, während im Rahmen dieses Projekts vor allem die Zusatzbelastung durch den Straßenverkehr von Interesse ist. Daher muß beim Vergleich zwischen Modellrechnung und Messung berücksichtigt werden, daß die Ausbreitungsrechnung nur ein Glied in der Gesamtkette ist, die zur Immissionsprognose führt. Diese Kette umfaßt die Emissionsbestimmung, die meteorologischen Daten, die Vorbelastung, die Ausbreitungsrechnung sowie etwaige chemische Umwandlungen (siehe Abb. 5). Ebenso beziehen sich Modellergebnisse in der Regel auf (dreidimensionale) Rasterpunkte, während Messungen immer punktuell sind. Um Fehler bei der Interpretation der Ergebnisse zu vermeiden, ist es hierbei wichtig, die verschiedenen Datensätze sorgfältig aufzubereiten.

Auf der regionalen Modellebene wird das im Merkblatt für Luftverunreinigungen an Straßen (MLuS-92) beschriebene Ausbreitungsmodell verwendet, das zur Abschätzung von Luftverunreinigungen an Hauptverkehrswegen in Deutschland entwickelt wurde. Dem Ausbreitungsmodell liegen eine Reihe von empirischen Beziehungen zugrunde, die für zwei- oder mehrstreifige Straßen entwickelt wurden, die keine bzw. nur aufgelockerte Randbebauung aufweisen und geländegleich liegen. Für den Fall geschlossener Randbebauung müssen zusätzliche Annahmen getroffen bzw. andere Modellansätze herangezogen werden. Weitere Randbedingungen des Modells sind:

- Verkehrsstärken über 5000 Kfz/24h,
- Geschwindigkeit über 50 km/h,
- Trogtiefen und Dammhöhen unter 15m,
- Längsneigung unter 6°,
- maximaler Abstand vom Fahrbahnrand 200m.

Das Modell läßt keine Aussagen über maximale Kurzzeitbelastungen zu, ermöglicht aber eine Abschätzung der Jahresmittelwerte und 98%-Perzentile (Spitzenwerte). Dies reicht aus, um das Straßennetz in kritische und unkritische Streckensegmente unterteilen zu können.

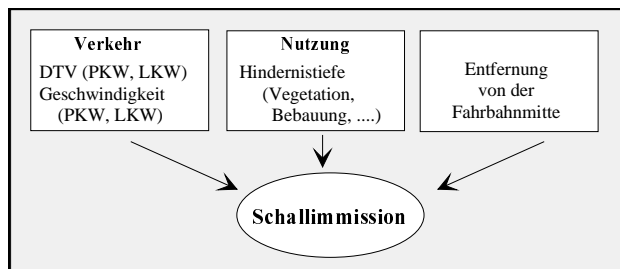


Abb. 10: Einflußgrößen bei der Lärmimmissionsberechnung

Bei der Lärmimmissionsmodellierung auf der regionalen Ebene wird ein Rechenverfahren mit geringen Datenanforderungen angewendet, das sich deshalb zur flächendeckenden Darstellung der Schallsituation für das gesamte Planungsgebiet eignet. Als Grundlage für die Berechnung der Schallimmissionssituation werden die entsprechenden Verfahren der verschiedenen

Verwaltungsvorschriften (z.B. DIN 18005, RLS 90, Schall 03) herangezogen. Es gehen lediglich die Verkehrsmengen, der Abstand von der Fahrbahnmitte und in Abhängigkeit davon pauschale Minderungskonstanten für Meteorologie, Bebauung und Bewuchs ein. Für den Bereich Lärm des Straßenverkehrs wird ein vereinfachtes Modell nach den Richtlinien der RLS-90 (1990) bzw. DIN 18005 (1987) herangezogen, für den Bereich Lärm des Schienenverkehrs wird die Schall-03 (1990) verwendet.

3.2. Wirkungsanalyse

Bei der Berechnung der Auswirkungen von Straßen auf die Umwelt werden im wesentlichen zwei Prozesse betrachtet. Dies ist zum einen die Flächenzerschneidung, d.h. die direkt von einer Straße betroffenen Empfindlichkeitsklassen, sowie die Berechnung der indirekt betroffenen Flächen. Ein objektorientierter Ansatz wird verfolgt, um sowohl die direkte Flächeninanspruchnahme (Flächenzerschneidung), als auch die indirekte Flächeninanspruchnahme (Kontamination) zu erfassen.

3.2.1. Direkte Flächeninanspruchnahme

Die direkte Flächeninanspruchnahme umfaßt die Fläche, die durch eine Straße der natürlichen Umwelt verloren geht. Die Fragmentierung von Landschaften durch Straßen und die damit verbundene Lebensraumzerschneidung sowie -verkleinerung und Barrierewirkung hat entscheidenden Einfluß auf das langfristige Überleben von Arten. Das Aussterberisiko einer Art ist umso höher, je kleiner der Lebensraum und je stärker die Verinselung (Reck, 1996).

Aus dem Blickwinkel eines GIS betrachtet, haben wir es zum einen mit einer Linienthematik zu tun (Verkehrsnetz), zum anderen mit einer Flächenthematik (Empfindlichkeiten). Dies ist im GIS-Bereich auch als 'line-in-Polygon' Problem bekannt (siehe Abb. 7). Ein Streckenabschnitt, definiert als eine Kante zwischen deren Anfangs- und Endknoten homogener Verkehr stattfindet, kann zum einen mehrere Empfindlichkeitsklassen einer Nutzungsfunktion schneiden, zum anderen kann er mehrere Nutzungsfunktionen gleichzeitig überlagern. Zum Beispiel kann ein Streckenabschnitt die Empfindlichkeits-

klassen eins und zwei der Nutzungsfunktion Arten und Biotope betreffen, gleichzeitig führt er durch ein sensibles Grundwassereinzugsgebiet und durch ein Gebiet mit hohem Erholungswert. Diese 1:n Beziehungen müssen normalerweise im GIS durch Verschneidungen der einzelnen Ebenen zunächst in 1:1 Beziehungen überführt werden, da die Abbildung von 1:n Beziehungen oft nicht möglich ist. Das traditionelle Knoten-Kanten-Datenmodell besteht aus einer Reihe von Koordinaten mit einem Anfangs- und einem Endknoten. Die Kanten müssen daher so stark zerschnitten werden, bis sie sich in jede darübergestülpte Thematik einfügen (BARTELME, 1995).

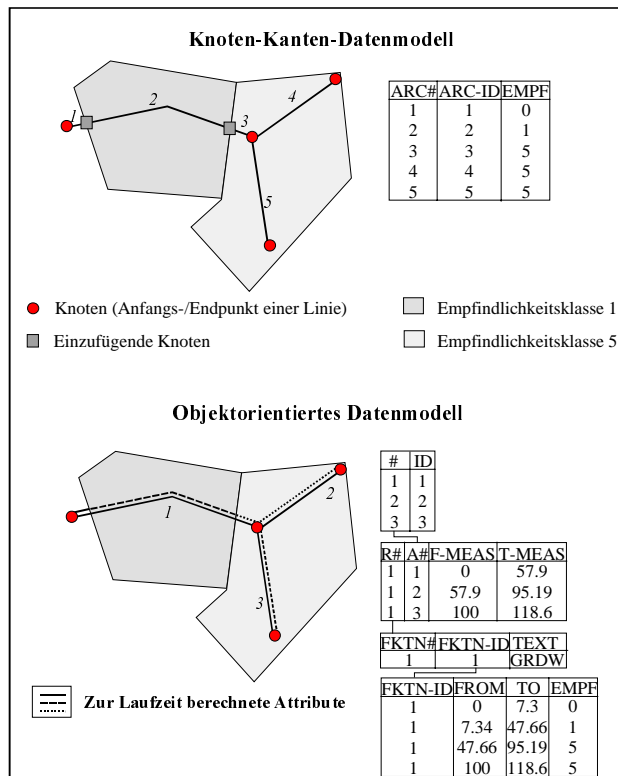


Abb. 11: Abbildung einer 1:n Beziehung in einem Knoten-Kanten-Modell und einem objektorientiertem Modell

Es wird dabei die kleinste gemeinsame Geometrie erstellt. Jedes Objekt (Kanten- oder Flächenobjekt) enthält lange Listen von Kantenreferenzen, um die Regeln der Topologie zu erfüllen. Betrachtet man aber nur eine Thematik, so enthält diese Thematik viele Knoten ohne Verzweigungen, die von einer anderen, gerade nicht sichtbaren Thematik herrühren.

Eine objektorientierte Methode ermöglicht es, einem Liniendatensatz Attribute zuzuweisen und somit 1:n Beziehungen abzubilden, ohne die zugrundeliegende Geometrie zu verändern (ESRI, 1996). Es können beliebig viele Kanten zusammengefaßt werden, die einer Thematik, in diesem Fall den Nutzungsfunktionen, angehören. Dadurch entsteht ein lineares Element, das aus ein oder mehreren Kanten oder Teilen von Kanten besteht und Maßeinheiten besitzt, die die Distanz vom Beginn dieses Elements beschreiben, wobei der Anfangs- und Endpunkt nicht mit dem Anfangs- und Endknoten einer Kante zusammenfallen muß. Entlang dieses „Lineals“ von Maßeinheiten können Attribute positioniert werden (Abb.7, unten). Die exakte Position wird dann jeweils zur Laufzeit ermittelt. Diese Attribute können kontinuierlich oder nur streckenweise oder punktförmig auftreten. Ein objektorientiertes Vorgehen zur Modellierung der

Flächenerschneidung hat somit den Vorteil, daß 1:n Beziehungen abgebildet werden können. Es werden mehrere Attributdatensätze einem Liniendatensatz zugewiesen, was somit das exponentielle Wachstum von Files vermeidet. Im Knoten-Kanten-Datenmodell, oberes Beispiel der Abbildung 7, muß für jede empfindliche Nutzungsfunktion ein zusätzlicher Layer erstellt werden. Dagegen können im objektorientierten Datenmodell alle Nutzungsfunktionen innerhalb desselben Layers verarbeitet werden.

3.2.2. Indirekte Flächeninanspruchnahme

Bei der indirekten Flächeninanspruchnahme werden die Pufferbereiche, die um Straßen gelegt wurden, danach abgefragt, welche Empfindlichkeitsflächen sie betreffen. Diesmal handelt es sich also um eine polygon-in-polygon Problematik. Die Pufferbereiche können zum einen verschiedene Empfindlichkeitsbereiche derselben Nutzungsfunktion überlagern, zum anderen müssen auch nicht-planare Ebenen abgefragt werden, d.h. also die Empfindlichkeitsbereiche aller betroffenen Nutzungsfunktionen. Das traditionelle Ebenenkonzept verlangt, daß die Darstellung verschiedener Thematiken für den gleichen Raum in verschiedenen Datenfiles abgelegt wird. Überlappende Polygone werden nicht unterstützt. Bei der Überlagerung muß dann, ähnlich wie für das line-in-polygon Problem (siehe 3.2.1), eine neue Geometrie berechnet werden, für jede Attributkombination ein neues Polygon. Dies bedeutet eine hohe Redundanz. Für das Beispiel in Abb. 8 werden im Ebenenmodell 4 Polygone kreiert. Das Regions-Konzept in ARC/INFO ist

in der Lage, die Überlappung von Polygonen in einem einzigen layer darzustellen. Dazu wird zwar ebenfalls eine Grundgeometrie berechnet, nämlich die kleinste gemeinsame Geometrie, aber gleichzeitig wird für jede Thematik eine Knoten-Kanten-Liste mit den zugehörigen Kanten erstellt. Es ist nun möglich, mehrere Thematiken innerhalb eines Coverages (datentechnische Einheit innerhalb von ARC/INFO) abzulegen, was damit eine Abfrage zwischen verschiedenen thematischen Ebenen erleichtert. Verschiedene Thematiken können nun in einem Arbeitsbereich integriert werden, was einmal das Wachstum an Dateien beschränkt, zum anderen aber auch die Abfragemöglichkeiten erleichtert.

Für eine mit der zugehörigen Breite (siehe 3.1) gepufferte Strecke (z.B. Autobahn A8) können dann die betroffenen Flächen nach ihren Nutzungsfunktionen und den zugehörigen Empfindlichkeitsklassen abgefragt werden. Dabei werden für jeden Streckenabschnitt alle möglichen Kombinationen berechnet. In Abb. 8 ist ein Beispiel aufgezeigt: Ein mit 500 m gepufferter Streckenabschnitt überlagert zwei Empfindlichkeitsflächen. Es sind daher vier Kombinationen denkbar. Zum Beispiel überlappt der gepufferte Streckenabschnitt 1 die Empfindlichkeitsfläche LUFT2 mit einer Fläche von 3.573.186 m², was einem prozentualen Anteil von 49,74 des gesamten Polygons entspricht. Umgekehrt überlappt die Empfindlichkeitsfläche LUFT2 den Puffer zu 40,96 %. Mit dieser Methode kann man Flächenangaben für das gesamte Netz oder eine bestimmte Strecke erhalten.

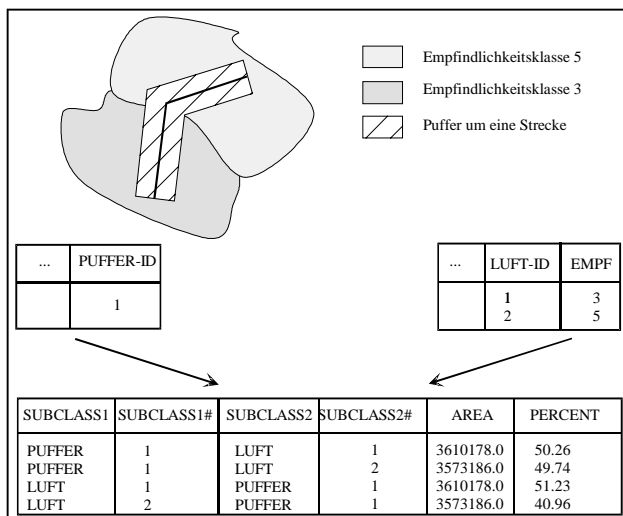


Abb. 12: Abfrage der innerhalb eines Puffers liegenden Empfindlichkeitsklassen

Folgende Flächenberechnungen sind jetzt möglich:

- absolute und relative Flächenberechnung der einzelnen Nutzungsfunktionen innerhalb eines Puffers für die einzelnen Empfindlichkeitsstufen bezogen auf die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes sowie auf die gesamte beeinträchtigte Fläche,
- Flächen einer bestimmten Empfindlichkeitsstufe für alle Nutzungsfunktionen,
- Die Restflächen der betroffenen Empfindlichkeitsflächen außerhalb des Puffers,
- Der Anteil der Empfindlichkeitsstufen innerhalb der Netzabschnitte.

Da ein Straßennetz immer Auswirkungen auf ein gesamtes Einzugsgebiet hat, ist es sinnvoll, bei den

Faktoren Oberflächengewässer und Grundwasser eine Vorbelastung des Einzugsgebiets zu ermitteln. Die Vorbelastung eines Grundwassereinzugsgebietes ist umso geringer, je geringer die Fahrleistung im Grundwassereinzugsgebiet ist. Oberflächengewässer sind um so weniger belastet, je niedriger die Fahrleistung im Einzugsgebiet, je geringer das Verhältnis Straßenlänge zu Gewässerlänge im Einzugsgebiet und je geringer die Anzahl der Querungen pro Wassereinzugsgebiet ist.

Außer der reinen Flächenberechnung kann auch eine Aussage über die Stärke der Belastung getroffen werden. Da bei den Immissionsberechnungen von einer einzigen Immissionsquelle ausgegangen wird, bleibt eine Verstärkung der Immission, die durch z.B. parallelen Verlauf von Straßen zustande kommt, außer acht. Auch wenn zwei Streckenabschnitte in einem Winkel zueinander liegen, so ist die von Schadstoffen betroffene Fläche, die im Innenwinkel liegt, stärker belastet, als die im Außenwinkel liegende Fläche. Außerdem kann es bei parallelen Straßen, die einen geringen Abstand besitzen bzw. deren Pufferbreite den Abstand übersteigt, zu einer Überlagerung kommen. Auch hier ist die resultierende Fläche, die von beiden Seiten belegt ist, stärker belastet.

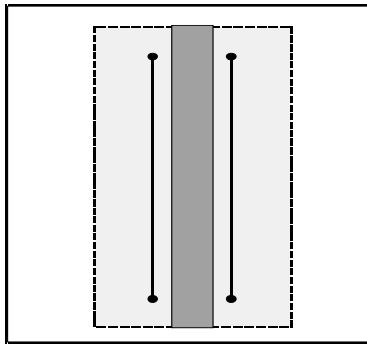


Abb. 13: Überlappende Puffer

Daher wird zusätzlich zur Pufferbreite, die vor allem die Ausbreitung der Schadstoffe simulieren soll, die Belastung der Fläche berechnet. Dies bedeutet bei zwei parallelen Straßen mit einem Abstand von 200m, daß bei einer Pufferbreite von 150m eine in der Mitte liegende 50m breite Fläche eine höhere Belastung aufweist, als der restliche Puffer (siehe Abb. 9). Damit gibt es nun innerhalb der Puffer Überlagerungsbereiche, die zwei, drei oder mehrfach von der Kontamination betroffen sind.

4. MASSNAHMEN

Die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Verringerung von verkehrsbedingten Belastungen ergibt sich aus dem Vergleich des Ist-Zustandes mit dem Soll-Zustand (Umweltqualitätsstandards). Bei geringer Vorbelastung besteht eine hohe Schutzwürdigkeit und die Forderung, keine Belastungssteigerung zuzulassen. Ist die Vorbelastung hoch, d.h. werden evtl. Grenz- oder Vorsorgewerte überschritten und ist das betroffene Schutzgut oder die Nutzung zudem sehr empfindlich gegenüber diesen Belastungen, muß daraus eine hohe Maßnahmenpriorität abgeleitet werden. Da für die Realisierung von Maßnahmen zur Verringerung der verkehrsbedingten Belastungen nur begrenzte finanzielle Mittel zur Verfügung stehen, müssen für die verschiedenen Schutzgüter und Nutzungen (Wohngebiet, Erholungsgebiet etc.) und deren spezifischen Empfindlichkeiten gegenüber verkehrsbedingten Belastungen, Maßnahmenprioritäten erarbeitet werden, die eine abgestufte Vorgehensweise (Handlungspriorität) ermöglichen.

Dieses Vorgehen wird hier am Beispiel der Vorsorge- bzw. Grenzwertüberschreitung von Luftschadstoffen und Lärm verdeutlicht. Im folgenden sind Prioritätenlisten bei Belastungen durch Luft- bzw. Lärmimmissionen aufgeführt.

Maßnahmenpriorität für Luftschadstoffe:		Maßnahmenpriorität für Lärm:	
A	Wohngebiete, (Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Altenheime)	A	Wohngebiete (Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Altenheime)
B	Industrie- und Gewerbegebiete	B	Empfindliche Erholungsgebiete
C	Klimawirksame Räume, die in Verbindung zu Wohn-, Industrie- oder Gewerbegebieten stehen oder die relevant für die Frischluftversorgung von Erholungsräumen sind	C	Industrie- und Gewerbegebiete
D	Empfindliche Erholungsgebiete		

Bei den Luftschadstoffen gilt es, den Schutz des Menschen vor verkehrsbedingten Belastungen zu gewährleisten. Da sich in Wohngebieten auch tagsüber empfindliche Personengruppen (alte Menschen, Kinder) aufhalten, müssen hier an erster Stelle Maßnahmen ergriffen werden. Da sich aber auch in Industrie- und Gewerbegebieten Menschen über einen längeren Zeitraum aufhalten, ist hier, in bezug auf die Luftschadstoffe, die zweithöchste Maßnahmenpriorität anzusetzen. Die Luftqualität in diesen empfindlichen Gebieten hängt auch von der Beeinflussung über die Luftzufuhr von außen ab. Z.B. ist bei Grenz- oder Vorsorgewertüberschreitung in einem Wohngebiet zu überprüfen, ob durch die Reduktion in einem zugeordneten Frischluftproduktionsgebiet eine Belastungsverringerung herbeigeführt werden kann. Bei der verkehrsbedingten Lärmbelastung dagegen ist eine andere Prioritätenreihenfolge maßgebend. Empfindliche Erholungsgebiete bedürfen eines stärkeren Schutzes als Industrie- und Gewerbegebiete, in denen häufig auch andere Lärmquellen einen allgemein höheren Lärmpegel verursachen. Zudem wird die Lärmbelastung

in einem Erholungsgebiet, in dem das Ruhebedürfnis sehr hoch ist, als störender empfunden als in einem Industriegebiet.

Analog zu diesem Vorgehen müssen zunächst sektoriell die Maßnahmenprioritäten in vergleichbaren Bezugsräumen erarbeitet werden. Eine wichtige Diskussion wird sich dann aus dem Abgleich der einzelnen Umweltbereiche untereinander ergeben, d.h. daß die Frage nach der Bewertung der „Vorrangigkeit“ zu klären ist. Dies kann nur durch eine räumliche Zuweisung erfolgen.

Durch diese Analyse entstehen sogenannte "Taburäume" für künftige Vorhaben, d.h. Gebiete, bei denen eine Zunahme der Belastungen nicht vertretbar ist. Außerdem werden Räume ausgewiesen, in denen Maßnahmen ergriffen werden müssen, sei es durch einen Rückbau von Straßen, sei es durch Maßnahmen der Telematik, die zu einer besseren Verkehrsverteilung führen, oder sei es durch Maßnahmen zur Stärkung des öffentlichen Nahverkehrs. Schließlich müssen diese Räume in eine Prioritätenreihenfolge gebracht werden. Diese Prioritäten ergeben sich nicht bei allen Nutzungsfunktionen bereits auf der UQZ/UQS-Ebene. Für den Bereich Luft ist es z.B. aus ethischen Gründen nicht akzeptabel, bereits auf dieser Ebene zu differenzieren, da grundsätzlich allen Menschen, unabhängig von ihrem Aufenthaltsort, eine gleich gute Luftqualität zur Verfügung stehen sollte. Hier erfolgt eine räumliche Differenzierung erst auf der Maßnahmenebene, wenn eine Handlungspriorität vergeben werden muß. Unterschiedliche Szenarien geben schließlich Aufschluß über die Wirkung einzelner Maßnahmen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Eine Kombination aus speziellen Modellen und einem Geo-Informationssystem ist geeignet zur Modellierung der Umweltauswirkungen des Verkehrs. Zur Evaluierung der Modellierungsergebnisse wurden Umweltqualitätsziele und -standards aufgestellt. Zur Immissionsmodellierung werden bereits vorhandene Modelle verwendet, die in einem Grobscreening-Verfahren die Bereiche herausfiltern, in denen eine Überschreitung der Standards mit hoher Wahrscheinlichkeit erfolgt. Dort wird auf höheren Auflösungsebenen eine detailliertere Untersuchung durchgeführt. Zur Erfassung der Wirkungen des Verkehrs wird ein objektorientierter Ansatz vorgeschlagen, um die Bewältigung der Datenmenge eines größeren Untersuchungsgebiets zu erleichtern. Auf der Maßnahmenebene schließlich werden verschiedene Szenarien erstellt, um eine Einhaltung der Ziele und Standards zu gewährleisten.

6. LITERATUR

- Bartelme, N. (1995): Geoinformatik - Modelle Strukturen, Funktionen, Springer Verlag.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (1986): Leitlinie der Bundesregierung zur Umweltvorsorge durch Vermeidung und stufenweise Verminderung von Schadstoffen (Leitlinien Umweltvorsorge). Umweltbrief Nr. 33, Bonn.
- DIN 18005 Teil 1 Beiblatt 1 (Mai 1987), Schallschutz im Städtebau; Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung.
- ESRI (1996): Dokumentation ARC/INFO, Version 7.04, Technical report, Environmental Systems Research Institute.
- Fluck, I., Reutter, O., (1993): Bodenqualitätsstandards für Seitenstreifen-Altlasten. In: Seitenstreifen-Altlasten in der Stadt - Straßenverkehrsabhängige Kontamination der Böden an Straßen -, ILS Schriften 78, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Dortmund.
- Fürst, D., H. Kiemstedt, E. Gustedt, G. Ratzbor, F. Scholles [1992]: Umweltqualitätsziele für die ökologische Planung, TEXTE 34/92 des Umweltbundesamts, Berlin.
- MLuS-92 (1992): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen - Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit.
- RLS 90 (1990): Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau; erarbeitet durch Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuß „Immissionsschutz an Straßen“, Köln.
- SCHALL03 - Information Deutsche Bundesbahn (1990): Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen, Bundesbahn-Zentralamt München.
- Sturm, P. (1995): Abgasemissionen des Straßenverkehrs und ihre Ausbreitung in der Atmosphäre, Fortschrittberichte VDI-Reihe 15, Nr. 139, Düsseldorf: VDI-Verlag.