

Kapitel 7

Objektebene II: Belastung innerhalb des Straßenkorridors

Innerhalb des Straßenkorridors ist vor allem die nutzungsbedingte Belastung von Bedeutung (Kap. 1.3.2), d.h. die Belastung durch Luftschadstoffimmissionen bzw. Lärmimmissionen. In Kapitel 7.1 wird zunächst auf die Grundlagen der Belastung durch Luftschadstoffe bzw. Lärm und deren Bewertung eingegangen, danach wird die Analyse der Immissionsbelastung und deren Ergebnisse vorgestellt (Kap. 7.2).

Schutzgut	Mensch / Ökosystem / Sachgut
Leitbild	Schutz von Mensch, Tier, Pflanze und Sachgut vor Immissionsbelastungen
UQZ	<p>A: Schutz vor Luftschadstoffimmissionen Erreichen von Grenzwert / Vorsorgewert / Zielwert</p> <p>B: Schutz vor Lärmimmissionen Erreichen von Grenzwert Bestand / Grenzwert Neubau / Vorsorgewert / Zielwert</p>

Abbildung 7.1: Leitbild / UQZ für die Schutzgüter Mensch / Ökosystem / Sachgut

7.1 Immissionsbelastung durch Straßen

Die negativen Effekte durch Lärmimmissionen sowie durch Luftschadstoffe müssen am Objekt, also konkret am einzelnen Streckenabschnitt, bekämpft werden. Dabei entstehen Störungskorridore, die anthropogene chronische Ereignisse sind (Abb. 1.1), also eine dauerhafte Störung erfahren.

Lärm ist jedes als störend empfundene laute Geräusch, dessen Intensität psychologisch als Lautheit, physikalisch als Lautstärke bezeichnet wird [Meyers Grosses Taschenlexikon 1987]. Der Begriff Lärm wird dann verwendet, wenn das Schallereignis Belästigungen oder gesundheitliche Schäden hervorruft [Engelhardt 1983]. Verkehrslärm wird allgemein als Belästigung empfunden und führt zu physiologischen Reaktionen beim Menschen. Dies können Schlafstörungen, vegetative Beeinträchtigungen oder in Extremfällen sogar Gehörschäden sein. Die Wirkung von Lärm auf die Populationsökologie einzelner Arten ist noch nicht sehr gut untersucht [Maczey und Boye 1995]. Wie in Kapitel 1.3.2 bereits näher erläutert, wurden die meisten Untersuchungen in Mitteleuropa bislang an Vögeln durchgeführt.

Auch der Begriff Luftschadstoffe ist nicht eindeutig formuliert und beruht auf den wissenschaftlichen begründeten und praktischen Erfahrungen zu Gesundheitsschädigungen des Menschen und zu Schädigungen von Tieren, Pflanzen und Sachgütern. Die VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, die mit der Aufstellung immissionsbegrenzender Werte zum Schutz von Mensch, Tier, Pflanze und Sachgut befaßt ist, definiert Immissionsschutz folgendermaßen:

“Ziel des Immissionsschutzes [...] ist es, nachteilige Wirkungen von Luftverunreinigungen auf den Menschen und seine Umwelt, d.h. Tier, Pflanze, Material, Boden, Gewässer und

Atmosphäre, auch in ihrem funktionellen Bezug zueinander, wie er z.B. in Ökosystemen vorliegt, zu verhindern oder zumindest auf ein im einzelnen festzustellendes Maß objektbezogen zu begrenzen“ [VDI 2310 1988].

Unter dem Begriff nachteilige Wirkungen sind die Beeinträchtigungen der Gesundheit und Leistungsfähigkeit sowie Belästigungen des Menschen zu verstehen, bei Objekten der Umwelt Wirkungen, die ihren Wert mindern oder ihre Funktion beeinträchtigen. Diese Definitionen gelten, obwohl für den Schutz vor Luftschadstoffen definiert, gleichermaßen auch für den Schutz vor Lärmimmissionen. Das Festlegen eines Schwellwerts setzt aber eine Wertung voraus, die nicht nur vom wissenschaftlichen Kenntnisstand, sondern ganz entscheidend auch vom politischen Willen abhängig ist.

Der Begriff “umweltverträgliche Mobilität“ kann durch abgestufte Ziele in Form von Umweltqualitätsstandards (UQS), die als Bewertungsinstrumente für Belastungen dienen, operationalisiert werden. Sie ermöglichen eine Aussage über die quantitative Abweichung der bestehenden Umweltsituation (IST) von den in UQS festgelegtem SOLL-Zustand.

Da eine umweltverträgliche Mobilität sich nicht an den Grenzwerten orientieren sollte, die nur der Gefahrenabwehr dienen, wurden zwei weitere Stufen eingeführt: der medizinisch sinnvollere “Vorsorgewert“ sowie der langfristig anzustrebende “Zielwert“, der nur noch eine Grundbelastung darstellt (Kap. 3.2.1.1).

Konzentrationswerte für Luftverunreinigungen werden in der Literatur als Grenz-, Richt-, Prüf- oder Leitwerte bezeichnet. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden die im Projekt WUMS festgelegten Begriffe verwendet. Danach werden die in der 23. BImSchV und 16. BImSchV (Verkehrslärmschutzverordnung) gesetzlich festgelegten Konzentrationswerte, die der Gefahrenabwehr dienen, als Grenzwert bezeichnet, die medizinisch sinnvollerer Werte als “Vorsorgewerte“ und die an einer langfristigen Sicherung natürlicher Lebensgrundlagen ausgerichtete Konzentrationswert als “Zielwerte“ [Roedel et al. 1996]. Diese für die Bereiche Luftschadstoff- und Lärmimmissionen aufgestellten quantifizierten Standards liefern somit die Gründe für die Dringlichkeit zur Ergreifung von Maßnahmen gegen verkehrsbedingte Belastungen.

Die Daten der Luft- und Lärmimmissionen wurden aus Modellberechnungen des Projekts WUMS übernommen (Kap. 4.4) [WUMS 2000]. Die dort verwendeten Modelle erlaubten die Ausweisung kritischer Gebiete, bei denen auch weiterhin Handlungsbedarf besteht [Stauch et al. 1997].

7.2 GIS-gestützte Ermittlung belasteter Flächen

Zur Berechnung der Flächenbelastung auf der regionalen Ebene lassen sich nun mit Hilfe eines Geoinformationssystems die Flächen beiderseits der Straße berechnen, innerhalb derer der betrachtete UQS überschritten ist. Durch Verschneidungen mit der Siedlung kann jene Siedlungsfläche bestimmt werden, bei der ein bestimmter UQS überschritten wurde.

Während bei den biotischen und abiotischen Schutzgütern die Relation zwischen Höhe der Immissionsbelastung und Belastung des Umweltmediums höchstens geschätzt werden kann, liegen dafür bei den Nutzungsfunktionen des Menschen Messungen bzw. politisch vorgeschriebene Grenzwerte vor. Die Pufferbreite kann dort immissionsabhängig festgelegt werden, d.h. die Grenze des Puffers wird durch das Erreichen des UQS (d.h. des Grenz-, Vorsorge- oder Zielwerts) bestimmt (Abb. 7.2) und verschiebt sich bei einer Änderung der Immissionswerte. Letztere wiederum sind abhängig von der technischen Ausstattung der Flotte (dadurch Änderung der Emissionsfaktoren), der Verkehrsmenge, sowie dem Neu- bzw. Rückbau von Straßen. Bei der Quantifizierung der Belastung der Schutzgüter dagegen kann eine immissionsabhängige Belastung entweder nur sehr grob oder gar nicht aufgestellt werden, so daß sich eine Änderung der Belastung nur durch Neu- bzw. Rückbau von Straßen ergibt. Daher wird im folgenden nur auf die Quantifizierung der Lärm- und Luftschadstoffimmissionen eingegangen.

Die Verfahren für die Bereiche Luftschadstoffe und Lärm unterscheiden sich methodisch, da die Eingangsdaten einmal im Vektorformat und einmal im Rasterformat vorliegen. Dies wurde durch den

Aufruf verschiedener Unterprogramme aus dem Hauptprogramm realisiert. Eingabeparameter waren das Szenariojahr (1995, 2000, 2005, 2010) sowie die Belastungsart (Luft/Lärm).

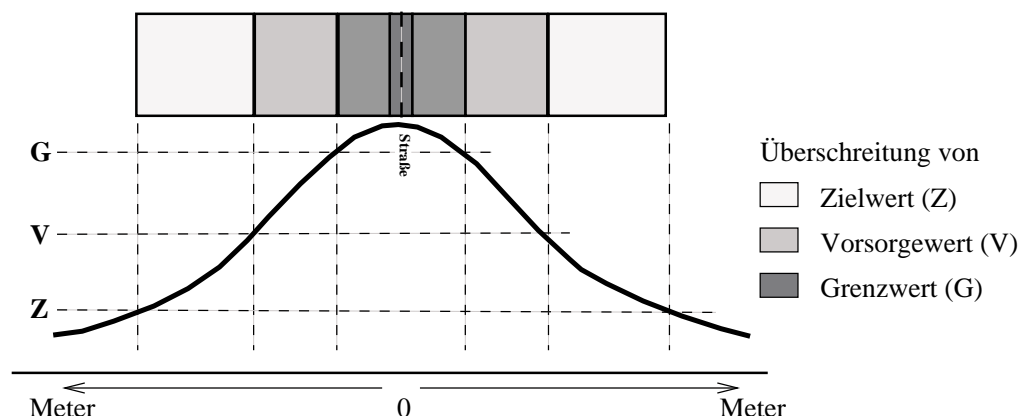


Abbildung 7.2: Belastungsband

7.2.1 Luftschadstoffbelastung

Abb. 7.3 zeigt das dreistufige Vorgehen bei der Flächenbilanzierung der durch Luftschadstoffimmissionen betroffenen Bereiche. Zunächst wird eine vektororientierte Pufferung durchgeführt, wobei die Grenze des Pufferbands das Erreichen des jeweils betrachteten Umweltqualitätsstandards darstellt. Die Pufferbreite wurde im Modell MLuS-92 berechnet. Dieser Wert wird zur Zonengenerierung verwendet. Diese ist bei linienhaften Gebilden auf die Bestimmung von Parallelen zurückzuführen [Bill 1996], ist aber innerhalb von ARC/INFO bereits standardmäßig implementiert. Die dabei entstehende Fläche wird dann mit einer binären Karte der Siedlung (innerhalb / außerhalb der Siedlung) verschnitten, so daß eine Differenzierung der Flächenbilanzen innerhalb und außerhalb der Siedlung erfolgen konnte.

Tab. 7.1 zeigt die Grenz-, Vorsorge- und Zielwerte für die drei primären Schadstoffe NO_2 - Jahresmittelwert (IW1: Langzeitbelastung) und 98-Perzentil (IW2: Kurzzeitbelastung) - Benzol und Ruß, die jeweils für die Berechnung der Pufferbreite verwendet wurden. Die drei UQS stellen eine ordinale Skala dar, die Abstände zwischen Grenz- und Vorsorgewert sowie Vorsorge- und Zielwert sind aber nicht gleich. Am Beispiel Benzol wird in Kap. 7.2.1.3 die Einordnung dieser UQS auf einer Intervall-Skala durchgeführt.

Die Pufferung kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden. Bei der einfachen Pufferung ist das Ergebnis binär, es wird die belastete bzw. nicht belastete Fläche dargestellt (Kap. 7.2.1.1). Eine andere Möglichkeit ist die objektstrukturierte Pufferung, bei der jeder Streckenabschnitt einzeln gepuffert wird und somit innerhalb der Fläche, die einen UQS überschreitet, durch die Überlagerung belasteter Flächen noch eine Intensitätsabfolge der Belastung entsteht (Kap. 7.2.1.2).

Im folgenden werden die Ergebnisse vorgestellt, die durch diese zwei verschiedenen Pufferungsarten bzw. durch die Einordnung der UQS in eine gleichmäßige Kategorisierung entstehen.

7.2.1.1 Einfache Pufferung

Die einfache Pufferung wurde für die drei Schadstoffe NO_2 , Benzol (Bz) und Ruß durchgeführt und zwar für die vier Szenariojahre 1995, 2000, 2005 und 2010 jeweils für die drei UQS Grenz-, Vorsorge- und Zielwert, sowie innerorts und außerorts. Dies bedeutet pro Schadstoff und Szenariojahr 6 Ergebniswerte, pro Jahr also 24 Vergleichswerte und für den gesamten Prognosezeitraum 96 Werte (Tab. 7.2).

Tabelle 7.1: UQS für Luftschadstoffe (verändert nach [Roedel et al. 1996])

UQS LUFT (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stickstoffdioxid		Bz	Ruß
	IW1 ¹	IW2 ²		
Grenzwert	80	160	10	8
Vorsorgewert	50	75	2,5	5
Zielwert	20	50	< 1	2
¹ Arithmetischer Mittelwert aller Immissionswerte eines Jahres Grenzwert der TA Luft(1986) ² 98-Prozent-Wert der Summenhäufigkeitsverteilung aller Meßwerte des Meßjahres, d.h. dieser Wert darf nur von 2 % aller Meßwerte des Jahres überschritten werden. 23. Bundesimmissionsschutzverordnung vom 16.12. 1996				

Die Entwicklung der Immissionsbelastung kann in Abb. 7.4 am Beispiel des Vorsorgewerts beobachtet werden. Diese Entwicklung kann nur mit den in das integrierte Verkehrs- und Standortmodell WUMS bzw. dem darauffolgenden Immissionsmodell MLuS-92 interpretiert werden. Der Rückgang der Immissionen ist abhängig von den Fahrleistungen, den aktuellen Verkehrssituationen und den auf der Antriebs- und Abgasreinigungstechnik aufsetzenden Emissionsfaktoren [Emission je Fahrzeugkilometer] der Fahrzeugflotte [WUMS 2000]. Diese Emissionsfaktoren wiederum sind abhängig vom Untersuchungsjahr, Schadstoff, Fahrzeugklasse, Längsneigung des Streckenabschnitts und dem Straßentyp. Bei der Entwicklung der Emissionsmengen überlagern sich die Effekte rückgängiger Emissionsfaktoren mit zunehmenden Fahrleistungen. Da im ersten 5-Jahres-Intervall der Rückgang der Emissionsfaktoren überwiegt, kommt es hier zu einer starken Abnahme. Im nächsten 5-Jahres-Intervall kommt die Zunahme der Fahrleistung stärker ins Spiel und mindert den Effekt der abnehmenden Emissionsfaktoren. Zwischen 2005 und 2010 wird der Trend sogar umgekehrt und es kommt insbesondere im Außerorts-Bereich zu einer Zunahme der Immissionen, die durch die starke Zunahme der LKW-Fahrleistungen zu erklären ist.

Analysiert man die Werte der Schadstoffe NO_2 , Benzol und Ruß in Tab. 7.2, so bemerkt man zunächst, daß die Flächenbilanz der Zielwerte für alle Schadstoffe identisch ist. Dies resultiert daraus, daß das für die Berechnung der Schadstoffbelastung verwendete Modell MLuS-92 nur für den Bereich 200 m links und rechts der Straße gültig ist und dann abbricht. Da aber der Zielwert für keinen der betrachteten Schadstoffe innerhalb eines 200 m Bandes erreicht wurde, ist die Flächenbilanz für alle Schadstoffe gleich. Daher beschränkt sich die folgende Analyse auf die UQS Grenz- und Vorsorgewert. Bei beiden UQS nimmt Benzol außerorts im Vergleich zu innerorts ab, während dies bei Ruß genau umgekehrt ist. Die Erklärung läßt sich aus den Fahrzeugtypen ableiten. Rußproduzenten sind speziell die LKWs, die v.a. auf den Außerorts-Strecken bzw. den großen Innerorts-Durchfahrtsstraßen zu finden sind. Dies spiegelt sich auch bei der Flächenbilanzierung wider. Benzol wird dagegen eher von PKWs emittiert, so daß die Belastung innerorts größer ist. Sowohl Benzol als auch Ruß sind kanzerogene Schadstoffe, die nur bei Null-Immission keine Gefahr mehr darstellen. Bis zum Jahr 2010 ist mit einer starken Abnahme zu rechnen, was sich mit der technischen Verbesserung der Motoren erklären läßt.

In Tab. 7.3 ist die gesamte Flächenbelastung durch die primären Schadstoffe NO_2 , Bz und Ruß dargestellt. Dabei ist zu beachten, daß die Gesamtbelastung durch die drei Schadstoffe nicht die Addition der drei einzelnen Pufferflächen ist, da es häufig zu einer Überlagerung ein und derselben Fläche kommt. Der Grenzwert wird ab dem Jahr 2005 nur noch geringfügig überschritten. Der Vorsorgewert, der 1995 im innerörtlichen Bereich noch auf 11,2 % der Fläche überschritten wurde, geht bis zum Jahr 2010 auf ca. 4 % zurück, was aber immer noch ca. 152 km^2 belasteter Fläche entspricht. Die Erreichung des Zielwertes wird für die Region Stuttgart ein längerfristiges Ziel bleiben. Dieser füllte auch im Prognosejahr 2010 das 200 m Band, innerhalb dessen das Modell MLuS-92 Gültigkeit besitzt,

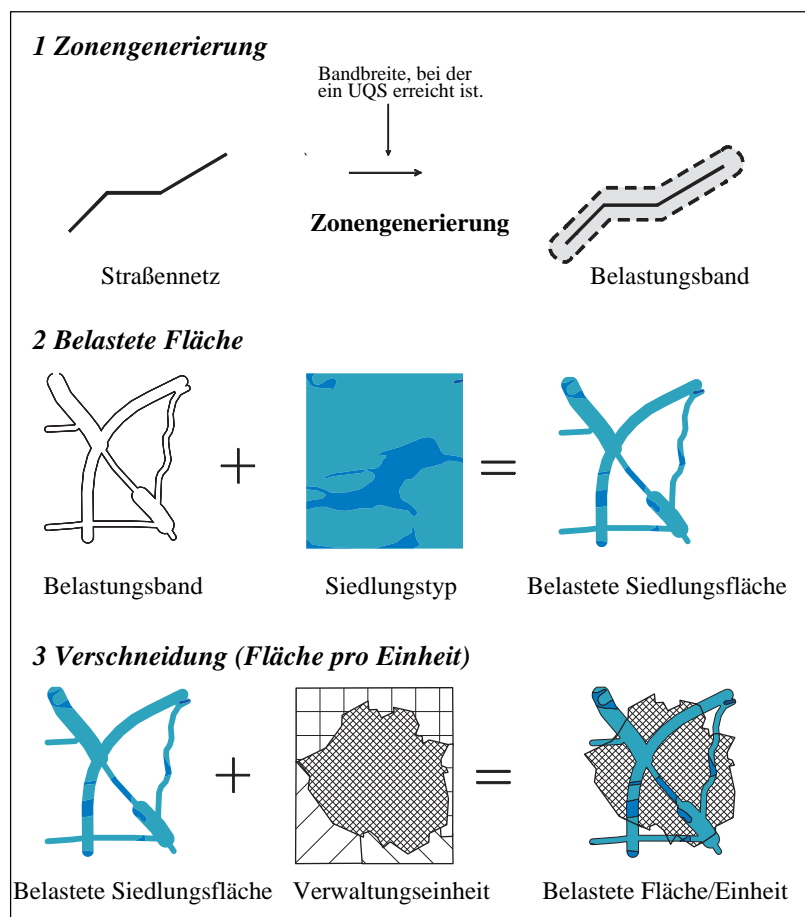


Abbildung 7.3: Schritte zur Ermittlung der immissionsbelasteten Fläche

aus. Der Rückgang der Belastung von 1995 bis zum Jahr 2010 ist besonders an der Ausschnittkarte von Abb. 7.5 gut zu erkennen.

7.2.1.2 Objektstrukturierte Pufferung

Da bei den Immissionsberechnungen von einer einzigen Immissionsquelle ausgegangen wird, bleibt eine Verstärkung der Immission, die beispielsweise durch einen parallelen Verlauf von Straßen zustande kommt, außer acht. Überlappen sich bei der Pufferung die Flächen, so entsteht als Ergebnis eine zusammenhängende Fläche. Bei dieser einfachen Pufferung einer Straße zur Simulation der Ausbreitung der Immissionsbelastung wird die Intensität der Belastung, die von mehreren Emissionsquellen herrührt, nicht berücksichtigt. 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. Dies kann durch eine objektstrukturierte Pufferung simuliert werden, wobei die überlappende Fläche abhängig ist vom Winkel der Streckenabschnitte zueinander und der Pufferbreite, d.h. also der Verkehrsmenge (siehe Abb. 7.6). Dadurch kann zusätzlich zur Pufferbreite, die vor allem die Ausbreitung der Schadstoffe simulieren soll, die Mehrfachbelastung der Fläche berechnet werden. Dies bedeutet bei zwei parallelen Straßen mit einem Abstand von 200 m, daß bei einer Pufferbreite von 150 m eine in der Mitte liegende 50 m breite Fläche eine höhere Belastung aufweist, als der restliche Puffer. Damit gibt es nun innerhalb der Puffer Überlagerungsbereiche, die zwei-, drei- oder mehrfach von der Kontamination betroffen sind. Die ob-

Tabelle 7.2: Zusammenstellung der UQS der belasteten Flächen für die innerörtlichen und außerörtlichen Bereiche, getrennt nach Luftschadstoffen (I=Innerorts, A=Außerorts; Jeweils obere Reihe [km²], untere Reihe in % der Gesamtfläche

UQS		Grenzwert				Vorsorgewert				Zielwert			
		NO ₂ (IW1)	NO ₂ (IW2)	Bz	Ruß	NO ₂ (IW1)	NO ₂ (IW2)	Bz	Ruß	NO ₂ (IW1)	NO ₂ (IW2)	Bz	Ruß
1995	I	0,9 0,03	2,7 0,09	13,7 0,5	8,2 0,3	410,4 13,8	352,8 11,9	262,5 8,6	50,7 1,7	522,8 17,6	522,8 17,6	522,8 17,6	522,8 17,6
	A	0,0 0,0	0,0 0,0	3,2 0,1	11,2 0,4	285,7 3,6	211,6 7,1	198,4 6,7	59,2 2,0	955,9 32,2	955,9 32,2	955,9 32,2	955,9 32,2
2000	I	0,0 0,0	0,0 0,0	4,9 0,0	4,8 0,1	213,1 7,2	140,7 4,7	112,5 3,8	19,9 0,7	501,7 16,9	487,1 16,4	493,1 16,6	522,8 17,6
	A	0,0 0,0	0,0 0,0	0,2 0,0	4,7 0,2	131,0 4,4	57,0 1,9	60,2 2,0	31,2 1,1	737,5 24,9	614,8 20,7	727,3 24,5	963,8 32,5
2005	I	0,0 0,0	0,0 0,0	1,2 0,	2,8 0,1	153,7 5,2	97,1 3,3	37,4 1,3	11,3 0,4	471,7 15,9	446,7 15,1	255,9 8,6	521,8 17,6
	A	0,0 0,0	0,0 0,0	0,2 0,0	2,8 0,1	60,5 2,0	29,4 1,0	14,5 0,5	18,0 0,6	504,5 17,0	387,5 13,1	200,8 6,8	965,8 32,6
2010	I	0,0 0,0	0,0 0,0	2,5 0,0	4,0 0,1	153,7 4,9	97,1 3,4	37,4 1,2	11,3 0,4	471,7 15,9	446,7 15,1	225,9 8,6	521,8 17,6
	A	0,0 0,0	0,0 0,0	0,2 0,0	4,0 0,1	71,7 2,4	33,9 1,1	24,4 0,8	23,2 0,8	534,4 18,0	407,8 13,7	198,6 6,7	980,0 33,0

jektstrukturierte Pufferung wurde im System ARC/INFO mit Hilfe des sogenannten *Regions-Konzept* realisiert.

Die *Regions*-Objektklasse ist eine erweiterte Möglichkeit, um komplexe Flächen zu modellieren. Im Unterschied zum Ebenenmodell, die standardmäßige Modellierung in ARC/INFO, können

- überlappende Flächen,
- nicht zusammenhängende Flächen (z.B. Inseln), sowie
- nichtplanare Objekte (Daten treten in verschiedenen Ebenen auf, wie z.B. Bodendaten in unterschiedlichen Tiefen) modelliert werden.

Dabei werden alle Daten in einem *Coverage* repräsentiert. Unterschiedliche Ebenen werden in verschiedenen *region subclasses* repräsentiert, die alle auf die gleiche Basisgeometrie zugreifen.

Das Ebenenmodell kann im Gegensatz dazu nur diskrete, nicht-überlappende Flächenobjekte enthalten, wobei nur ein Flächenobjekt an einer Stelle vorkommen darf. Überlappende Objekte oder Kombinationen verschiedener Objekte wurden in verschiedenen *Coverages* (Konzept der thematischen Ebenen) abgelegt. Dies hatte den Nachteil einer hohen Redundanz von Daten, da alle Polygone das gleiche Attributschema haben müssen, was dazu führt, daß viele Werte 0 oder identisch sind.

Die objektstrukturierte Pufferung hat zunächst den Vorteil, daß kumulative Effekte, die im Verfahren der MLuS-92 außer acht bleiben, berücksichtigt werden. Außerdem kann damit auch der Bezug zum Straßenabschnitt bzw. zur Straße, die die Belastung verursacht, hergestellt werden kann. Überlappungen sind besonders in dicht besiedelten Gebieten wie der Stadt Stuttgart bzw. in Kreuzungsbereichen der Fall (Abb. 7.7). Im Unterschied zur einfachen Pufferung wird zudem eine Pufferung vorgenommen, bei denen die Enden nicht gepuffert werden, da ansonsten auch jedesmal eine Mehrfachbelastung zwischen geradlinig angrenzenden Streckenabschnitten entstehen würde. Dadurch unterscheiden sich die Gesamtflächen zwischen beiden Methoden. Die Gesamtflächen bei der objektstrukturierten Pufferung liegen geringfügig unter denen der einfachen Pufferung.

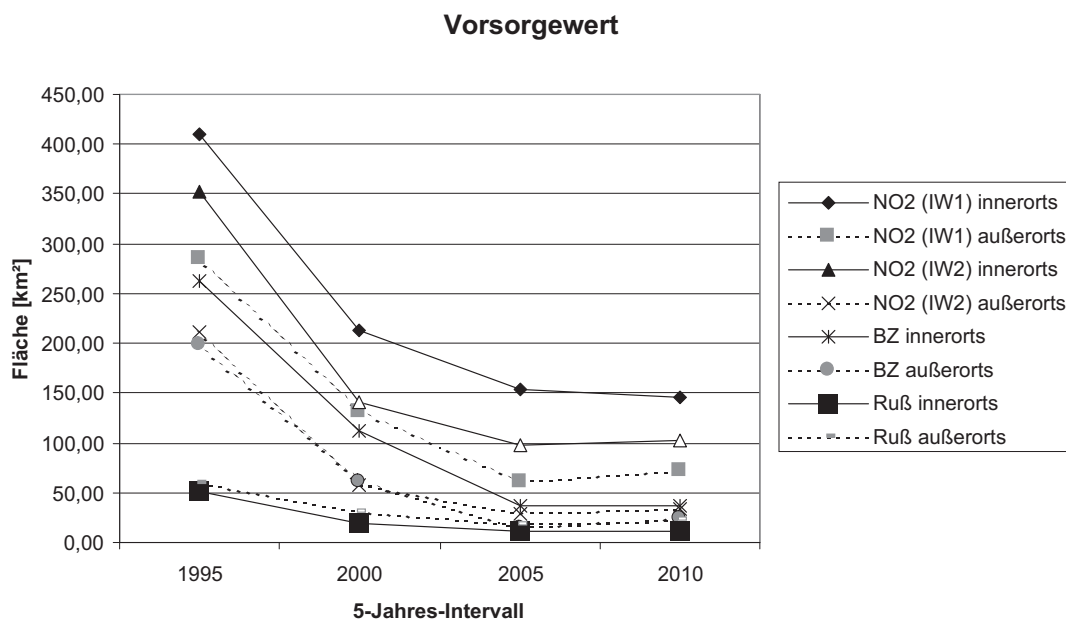


Abbildung 7.4: Entwicklung des Vorsorgewerts bis 2010

7.2.1.3 Vergleich von UQS

Die Einteilung in Grenz-, Vorsorge- und Zielwert stellt eine Kategorisierung dar, bei der weder die Abstände zwischen den UQS eines Schadstoffs, noch dieselben UQS verschiedener Schadstoffe vergleichbar sind. Beispielsweise ist beim Schadstoff Benzol der Abstand zwischen Vorsorge- und Grenzwert fünfmal größer wie derjenige zwischen Ziel- und Vorsorgewert (Tab. 7.1).

Am Beispiel Benzol wurde der Bereich zwischen Zielwert ($\leq 1\mu\text{g}$) und Grenzwert ($10\mu\text{g}$) in insgesamt sieben Kategorien aufgeteilt, die jeweils einen Abstand von $1,5\mu\text{g}$ besitzen. Tabelle 7.6 zeigt die absoluten Flächenangaben für das Bezugsjahr 1995 und die Prognosejahre 2000, 2005, 2010. Abb. 7.8 stellt den nahezu logarithmischen Verlauf der belasteten Flächen dar. Dieser Kurvenverlauf wird durch die UQS nur ungenügend repräsentiert. Das Erreichen des Vorsorgewerts ist durch den wesentlich größeren Abstand zum Grenzwert ($7,5\mu\text{g}$) ungleich schwerer als das Erreichen des Zielwerts, dessen Abstand zum Vorsorgewert nur noch $1,5\mu\text{g}$ beträgt.

Die Kategorien von 1 bis 7 stehen für folgende Schadstoffbelastung:

Kategorie	Belastung in [μg]
1	1 - 2,5
2	2,5 - 4
3	4 - 5,5
4	5,5 - 7
5	7 - 8,5
6	8,5 - 10
7	> 10

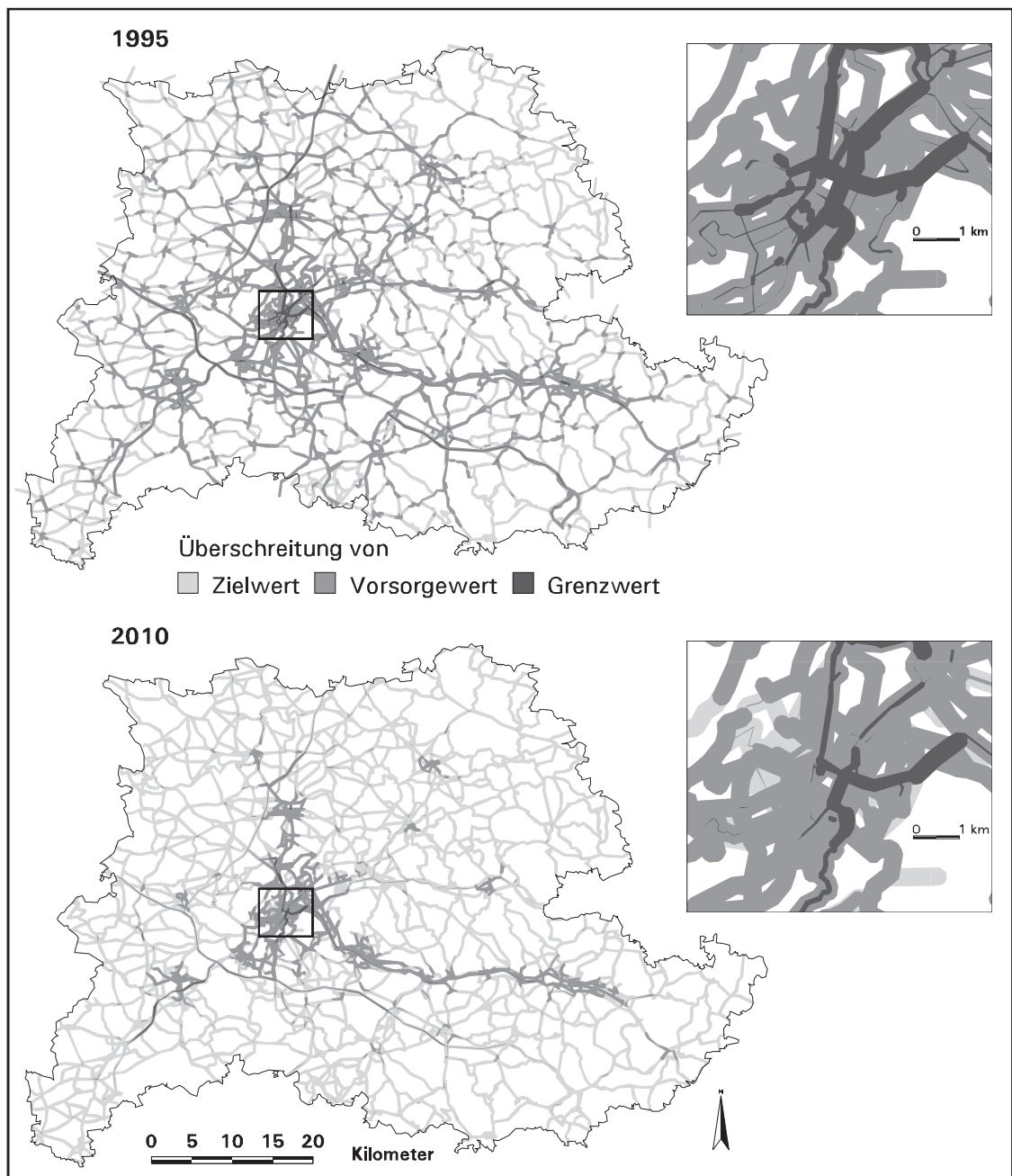


Abbildung 7.5: Vergleich der durch NO₂, Bz und Ruß belasteten Flächen 1995 und 2010

Tabelle 7.3: Zusammenstellung der UQS der Luftschadstoffe für die innerörtlichen und außerörtlichen Bereiche

UQS	Schadstoffbelastung (NO ₂ , Bz und Ruß) - Region Stuttgart					
	Grenzwert		Vorsorgewert		Zielwert	
	Innerorts	Außerorts	Innerorts	Außerorts	Innerorts	Außerorts
1995	14,3 km ² (2,7 %)	12,4 km ² (0,5 %)	410,4 km ² (11,2 %)	287,4 km ² (7,9 %)	629,7 km ² (17,3 %)	955,9 km ² (26,2 %)
2000	6,33 km ² (0,17 %)	4,07 km ² (0,11 %)	213,14 km ² (5,83 %)	132,47 km ² (3,6 %)	630,4 km ² (17,25 %)	963,82 km ² (26,38 %)
2005	3,2 km ² (0,001 %)	2,89 km ² (0,001 %)	153,95 km ² (4,21 %)	63,98 km ² (1,75 %)	629,68 km ² (17,23 %)	965,76 km ² (26,43 %)
2010	4,39 km ² (0,001 %)	4,05 km ² (0,001 %)	151,99 km ² (4,16 %)	75,04 km ² (2,05 %)	636,08 km ² (17,41 %)	979,96 km ² (26,82 %)

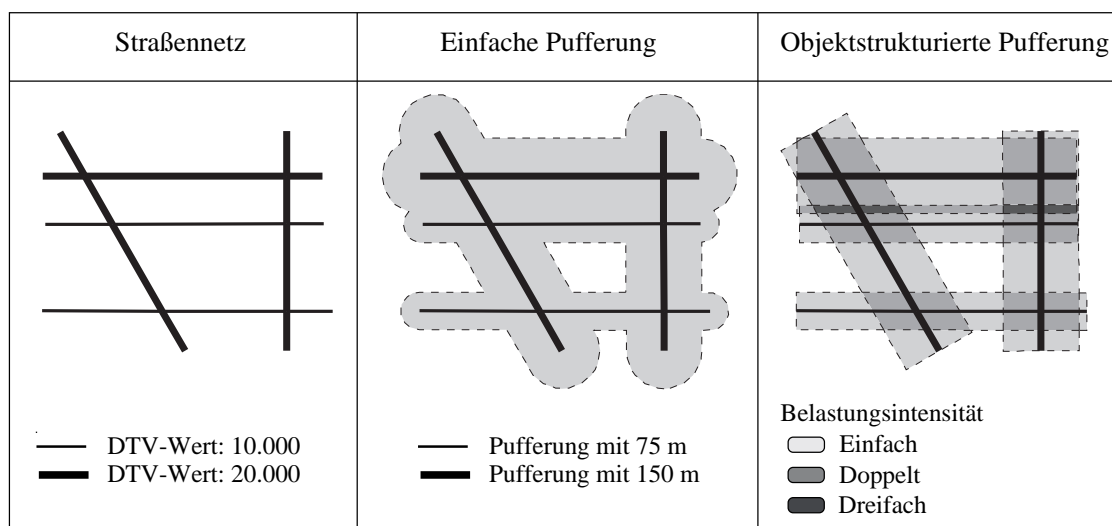


Abbildung 7.6: Einfache versus objektstrukturierte Pufferung

Tabelle 7.4: Vergleich der Gesamtflächen, die bei unterschiedlichen Pufferungsarten entstehen (G=Grenzwert, V=Vorsorgewert, Z=Zielwert)

UQS	Einfache Pufferung	Objektstrukturierte Pufferung
G	27,05 km ²	24,75 km ²
V	633,9 km ²	581,88 km ²
Z	1279,26 km ²	1259,03 km ²

Tabelle 7.5: Zusammenstellung der belasteten Flächen nach verschiedenen UQS

Belastung	<i>Grenzwert</i>		<i>Vorsorgewert</i>		<i>Zielwert</i>	
	in km ²	in %	in km ²	in %	in km ²	in %
1	23,69	95,710	452,53	77,77	1007,842	80,049
2	1,0	4,039	103,119	17,722	207,678	16,495
3	0,06	0,229	21,818	3,750	37,139	2,950
4	0,005	0,019	3,638	0,625	5,425	0,431
5	0,001	0,004	0,681	0,117	0,843	0,067
6	-	-	0,086	0,015	0,095	0,008
7	-	-	0,013	0,002	0,016	0,001
8	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000

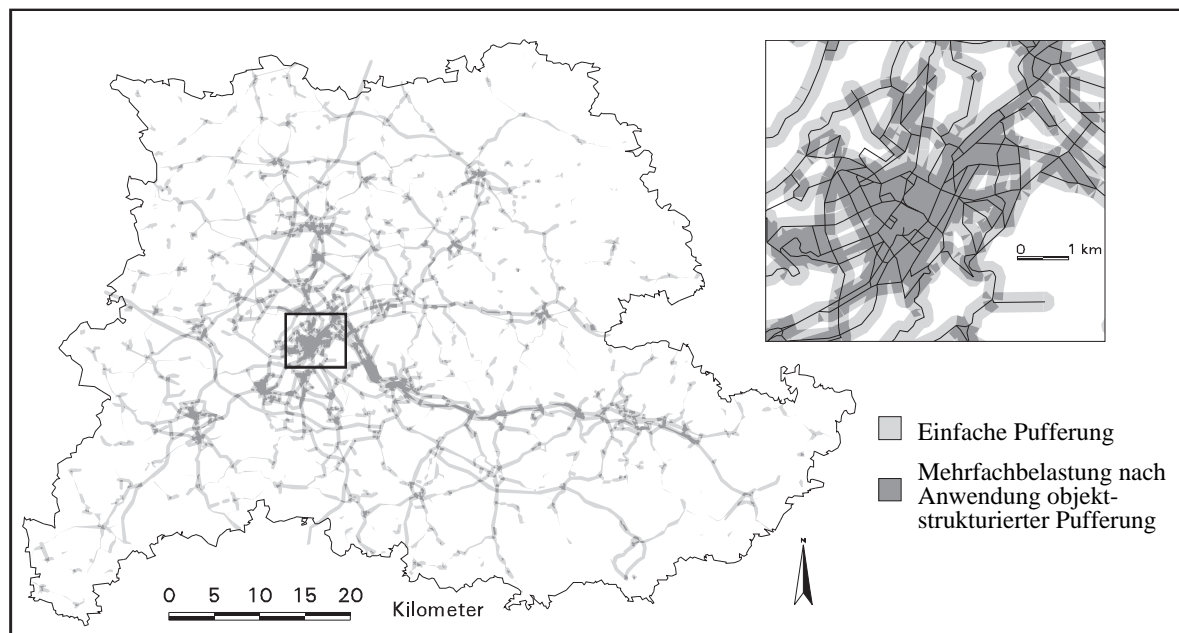


Abbildung 7.7: Luftbelastung der Region Stuttgart - Objektstrukturierte Pufferung

Tabelle 7.6: Vergleich der belasteten Fläche [km²] bei gleichmäßiger Kategorisierung - am Beispiel von Benzol

	1	2	3	4	5	6	7
1995	360,46	204,40	98,61	48,27	26,30	15,90	10,11
2000	347,18	91,17	29,89	13,78	7,74	4,87	3,27
2005	201,22	30,07	9,22	4,21	2,25	1,34	0,86
2010	179,31	30,52	10,84	5,69	3,64	2,52	1,79

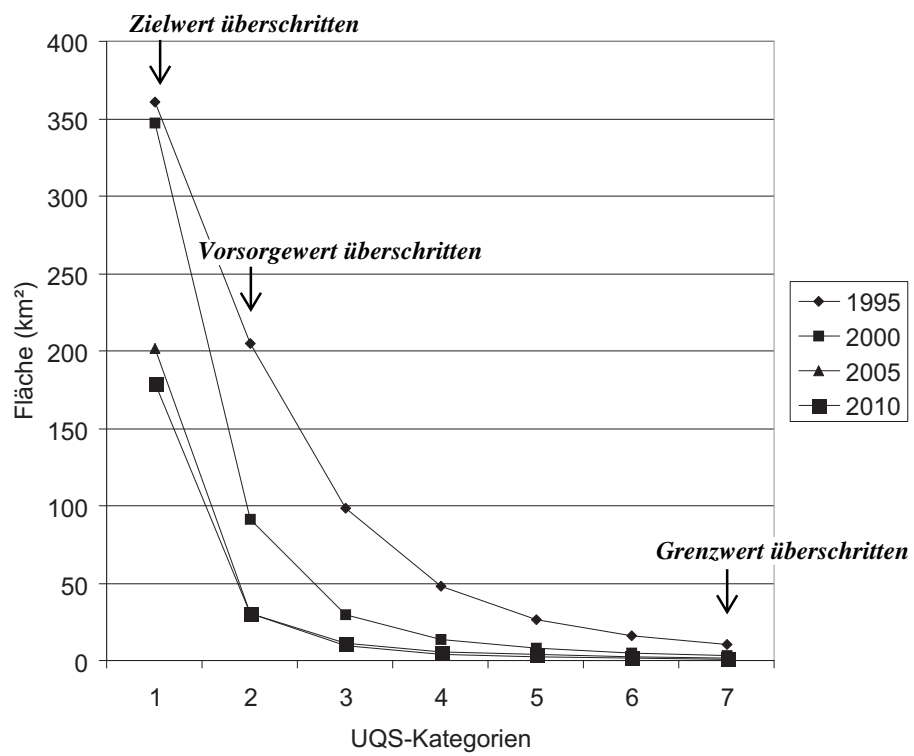


Abbildung 7.8: Verlauf der Flächenbelastung durch Benzolmissionen bei gleichmäßiger Kategorisierung

7.2.2 Lärmbelastung

Zur Berechnung der belasteten Flächen durch Lärm wurde nach den vier Siedlungstypen (ATKIS-Objektart 2111 bis 2114) unterschieden. Dies sind Wohngebiete (ATKIS Objektart 2111), Industriegebiete (2112), Flächen gemischter Nutzung (2113) sowie Gebiete funktionaler Prägung (2114). Erläuterungen zu den Gebieten funktionaler Prägung können in Kap. 4.1.4 nachgelesen werden. Diese vier Typen unterscheiden sich in ihren festgelegten UQS, da vom Gesetzgeber je nach Nutzungsart (Wohnen oder Arbeiten) Unterschiede der zulässigen Lärmbelastung gemacht werden. Zusätzlich wird auch noch eine Differenzierung zwischen Tag [6 Uhr bis 22 Uhr] und Nacht [22 Uhr bis 6 Uhr] getroffen (Tab. 7.7).

Tabelle 7.7: UQS für Lärm in dB(A) - (verändert nach [Roedel et al. 1996])

UQS LÄRM (in dB(A))	Wohn- gebiet		Gebiet funktionaler Prägung		Flächen gemischter Nutzung		Industrie- gebiet	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
<i>ATKIS-Objektart</i>	<i>2111</i>		<i>2114</i>		<i>2113</i>		<i>2112</i>	
<i>Tageszeit</i>	<i>Tag</i>	<i>Nacht</i>	<i>Tag</i>	<i>Nacht</i>	<i>Tag</i>	<i>Nacht</i>	<i>Tag</i>	<i>Nacht</i>
Grenzwert Bestand ¹	70	60	70	60	72	62	75	65
Grenzwert Neubau ²	59	47	57	47	64	54	69	59
Vorsorgewert ³	55	45	55	45	60	50	65	55
Zielwert ⁴	50	35	45	35	60	45	65	50

¹ Grenzwert für sofortige Sanierung, Richtlinie für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes (1983)
² Grenzwert, Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV vom 12.6.1990 - gilt nur für den Bau oder die wesentliche Änderung von öffentlichen Strassen sowie von Schienenwegen der Eisenbahnen und Strassenbahnen
³ Orientierungswerte DIN 18005 Schallschutz im Städtebau
⁴ Richtwert der VDI-Richtlinie 2058 Blatt1 (1985)

Die Eingangsdaten zur Berechnung der Lärmbelastung liegen im Rasterformat vor. Die Ausgabe des Lärmmodells RLS-90 ist ein sogenanntes Grid¹, in dem pro Rasterzelle der dB(A)-Wert angegeben ist. Bei der Quantifizierung der Flächenbelastung durch Lärm wird eine rasterorientierte Selektion durchgeführt. Durch eine Überlagerung mit den rasterisierten Siedlungstypen, werden nun diejenigen Pixel selektiert, bei denen der Standard überschritten wird. Der dB(A)-Wert jeder Rasterzelle, wird mit den Standards pro Siedlungstyp und Tageszeit verglichen, die in eigenen Tabellen enthalten sind. Die Ausgabe ist damit wiederum ein GRID, bei dem nur diejenigen Rasterzellen dB(A)-Werte enthalten, bei denen es zu einer Überschreitung des jeweiligen Standards kommt. Die übrigen Pixel enthalten keine Werte. Nach einer Vektorisierung dieser GRIDS und einer daran anschließenden Verschneidung mit der Ortslage² (ATKIS-Objektart 2101 - innerorts) konnte nun die belasteten Fläche pro Siedlungstyp in Ortslage ermittelt werden.

Die Lärmimmissionen erfahren im Vergleich der vier 5-Jahres-Intervalle bis 2010 innerhalb der gesamten Region tagsüber eine Steigerung von 0,9 dB(A), während im Siedlungsbereich eine leichte Abnahme zu verzeichnen ist. Auch nachts ist für die gesamte Region eine Steigerung zu beobachten (0,7 dB(A)). Dagegen verhält sich die Lärmimmissionssituation im Siedlungsbereich nachts anders als tags. Nachts ist eine ähnliche Tendenz zu beobachten wie für die gesamte Region (Tab. 7.8). Daraus

¹ datentechnische Einheit bei Rasterdaten innerhalb von ARC/INFO

² "Eine im Zusammenhang bebaute Fläche mit einer Ausdehnung von mindestens etwa 10 ha oder von etwa 10 Anwesen" [ATKIS 1991].

läßt sich schließen, daß die Belastung der Außerorts-Straßen bis 2010 tagsüber zunehmen wird, was v.a. auf die Zunahme des LKW-Verkehrs zurückzuführen ist. Nachts dagegen wird im Mittel kein nennenswerter Unterschied zwischen der gesamten Region und dem reinen Siedlungsbereich zu verzeichnen sein.

Bei einem Vergleich der Tag-Nacht-Werte nehmen die absoluten Konzentrationswerte innerhalb der gesamten Region um ca. 4,5 dB(A) ab, auf den Siedlungsflächen aber nur um 0,6 (2010) bis 1,8 dB(A) (2000) (Tab. 7.8). Dies bedeutet, daß im Siedlungsbereich im Mittel tags der Vorsorgewert für die Nutzungsfunktion Wohnen (ATKIS-Objektarten 2111 und 2114) überschritten ist, nachts sogar der Grenzwert Neubau.

Tabelle 7.8: Vergleich der Lärmimmissionen: gesamte Region vs. Siedlungsbereich

Lärm [dB(A)]	Gesamt VRS				Siedlungsbereich VRS			
	Jahr	1995	2000	2005	2010	1995	2000	2005
Tag	50,3	50,5	50,8	51,2	57,3	57,2	56,8	57,1
Nacht	44,8	44,8	44,9	45,5	56,0	55,4	55,8	56,5

Setzt man diese absoluten Werte für die gesamte Region in Flächen um (Belastete Fläche ist die Fläche, bei der der jeweilige UQS überschritten ist), so dreht sich die Tendenz um: wir haben eine deutliche Zunahme der belasteten Flächen zwischen Tag und Nacht (Tab. 7.2.2). Obwohl eine Abnahme der absoluten Werte zwischen Tag und Nacht zu verzeichnen war, kam es zu einer Zunahme der belasteten Flächen. Dies liegt an den sehr viel strengeren Standards für den Zeitraum von 22 bis 6 Uhr, die um 10 dB(A) strenger sind als für den Zeitraum von 6 bis 22 Uhr. Bei einer Abnahme der Lärmimmissionen zwischen Tag und Nacht von 4,5 dB(A), ergibt sich eine Differenz von 5,5 dB(A), die zu einer Zunahme der belasteten Flächen führt.

Beim Vergleich der belasteten Flächen haben sich die bei Betrachtung des UQS Grenzwert Neubau betroffenen Flächen im Vergleich zum Grenzwert Bestand bereits versechsfacht, der Vorsorgewert stellt das zehnfache und der Zielwert das elffache der belasteten Flächen im Vergleich zum Grenzwert Bestand dar (Tab. 7.2.2).

Tabelle 7.9: Vergleich der lärmbelasteten Flächen in km² und Prozent bei den verschiedenen UQS und Tageszeiten - Jeweils obere Reihe in km², untere Reihe in % (GW: Grenzwert)

Flächen in km ² (%)	Lärmbelastung - Siedlungsbereich Region Stuttgart							
	<i>GW Bestand</i>		<i>GW Neubau</i>		<i>Vorsorgewert</i>		<i>Zielwert</i>	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
1995	31,7	105,6	200,1	305,8	310,7	395,4	373,3	481,2
	6,0	19,9	37,8	57,7	58,6	74,6	70,4	90,8
2000	33,5	110,3	208,8	314,8	318,4	401,9	311,3	390,0
	6,3	20,8	39,4	59,4	60,1	75,8	72,9	91,6
2005	16,5	36,1	150,2	221,8	263,5	341,2	349,1	467,4
	3,1	6,8	28,3	41,8	49,7	64,4	65,9	88,2
2010	38,1	118,1	222,3	329,9	334,7	415,8	397,6	491,3
	7,2	22,3	41,9	62,2	63,1	78,4	75,0	92,7

7.3 Diskussion

Als Ergebnis hat sich gezeigt, daß die Luftschadstoffimmissionen durch technische Verbesserungen stark zurückgehen werden, so daß zumindest der Grenzwert nur noch in seltenen Fällen erreicht wird. Setzt man aber den Vorsorgewert als umweltpolitisches Ziel, so kommt es auch bei den Luftschadstoffen in Zukunft zu starken Überschreitungen. Der Zielwert wird mittelfristig nicht erreicht werden können.

Die Lärmimmissionen dagegen werden uns als eine der Haupt-Umweltbelastungen und die Gesundheit beeinträchtigenden Faktoren noch lange konstant und sogar steigend begleiten (siehe auch [Stauch 1997]). Hier kommt es bis zum Jahr 2010 sogar eher zu einer leichten Verschlechterung. Die unterschiedlichen Grenzwerte für den Bestand bzw. Neubau von Straßen, stellen einen umweltpolitischen Kompromiß dar. Die Grenzwerte für Neubau können medizinisch als tolerierbar angesehen werden, auch wenn ihre Einhaltung noch keine ruhige Umwelt darstellt. Die höheren Grenzwerte für den Bestand dienen im wesentlichen zur Vermeidung riesiger Umweltkosten. Betrachtet man den UQS Grenzwert Neubau, so kommt es bereits hier - im gesetzlich verankerten Bereich - zu starken Überschreitungen. Sowohl Vorsorge- als auch Zielwert werden in naher Zukunft nicht erreicht werden können. Ziel muß sein, die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte für den Neubau von Straßen flächendeckend zu erreichen. Damit kommt es zu einer Verschiebung des Schwerpunkts von der Immissionsbelastung durch Luftschadstoffe hin zu einer Belastung durch Lärm.

Am Beispiel Benzol wurde der ungleiche Abstand zwischen den UQS belegt. Hier wäre es sinnvoll - ausgehend vom Grenzwert - eine gleichmäßige Abfolge von UQS hin zum Zielwert festzulegen, so daß die Erreichbarkeit der einzelnen Werte eher machbar ist und somit der umweltpolitische Sinn auch für die Bevölkerung nachvollziehbar ist. Maßnahmen für kurz- bis mittelfristig erreichbare Ziele lassen sich leichter durchsetzen, als wenn Erfolge erst langfristig zu erwarten sind.

UQS zielen in der Regel auf die Reduzierung einzelner Schadstoffe ab. Dabei werden die Synergieeffekte und die schleichende Verschlechterung von Ökosystemen, die das Ergebnis des Zusammenwirkens vieler Belastungsfaktoren ist, nicht berücksichtigt. Daher forderte [Knauer und Surburg 1990], daß "Belastungspfade und Summenwirkungen bei der Entwicklung von Zielen und Standards zur Luftqualität [...] berücksichtigt werden müssen". Deshalb ist es notwendig, innerhalb der Objektebene II beide Ziele gleichzeitig zu betrachten. Dies bedeutet, daß eine Verbesserung der Luftschadstoffbelastung nicht durch eine Verschlechterung der Lärmbelastung erreicht werden darf [Stauch und Kaule 1999]. Dies muß auch dann gelten, wenn Grenzwerte nicht überschritten werden, um eine großflächige Verlärmung zu vermeiden.