

**Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz**



Luftreinhalteplan für die Stadt Regensburg



Erarbeitet von der Regierung der Oberpfalz



Inhaltsverzeichnis

- 1. Angaben zum Plangebiet und zur Immissionssituation**
 - 1.1 Plangebiet
 - 1.2 Informationen zu den Schadstoffimmissionskonzentrationen in Regensburg
 - 1.2.1 Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB)
 - 1.2.2 Weitere Informationen über Immissionskonzentrationen
 - 1.3 Darstellung der betroffenen Gebiete

- 2. Allgemeine Informationen**
 - 2.1 Angaben zum verschmutzten Gebiet und zur betroffenen Bevölkerung
 - 2.2 Klimaangaben
 - 2.3 Zu schützende Ziele

- 3. Zuständige Behörden**

- 4. Art und Beurteilung der Verschmutzung**
 - 4.1 Mess- und Rechenergebnisse
 - 4.1.1 LÜB-Messstationen
 - 4.1.2 Weitere Informationen über Immissionskonzentrationen
 - 4.2 Angewandte Messverfahren
 - 4.3 Beurteilungsgrundlagen, Beurteilungswerte

- 5. Ursprung der Verschmutzung**
 - 5.1 Allgemeines
 - 5.2 Beitrag des lokalen Verkehrs
 - 5.3 Beitrag des Verkehrs auf anderen Straßen
 - 5.4 Städtischer und regionaler Hintergrund
 - 5.5 Beitrag der Quellengruppe genehmigungsbedürftige Anlagen
 - 5.6 Beitrag der Quellengruppe Kleinf Feuerungsanlagen
 - 5.7 Sonstige Immissionseinflüsse
 - 5.8 Immissionsanteile der einzelnen Verursachergruppen
 - 5.9 Gesamtmenge der Emissionen (Tonnen/Jahr)

- 6. Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität**
 - 6.1 Vorbemerkung
 - 6.2 Frühere verkehrsbezogene Maßnahmen
 - 6.2.1 Verkehrsbezogene Maßnahmen in Regensburg
 - 6.2.2 Emissionsbeschränkung bei Kraftfahrzeugen
 - 6.2.3 Kraftstoffbezogene Reglementierungen
 - 6.3 Auswirkungen der fahrzeug- und kraftstoffbezogenen Regelungen
 - 6.4 Zusammenstellung möglicher Maßnahmen
 - 6.5 Geprüfte Maßnahmen
 - 6.5.1 City-Logistik



- 6.5.2 Verflüssigung des Verkehrs
- 6.5.3 Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen
- 6.5.4 Förderung des ÖPNV
- 6.5.5 Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer
- 6.5.6 Fahrbeschränkungen und Fahrverbote

7. Schlussbetrachtung

8. Anhang

- Anhang 1 Allgemeine Informationen zu Feinstaub
- Anhang 2 Allgemeine Informationen zum Lufthygienischen Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB)
- Anhang 3 Verteilung der Windrichtungshäufigkeiten und Windgeschwindigkeiten in Regensburg
- Anhang 4 Zusammenhänge zwischen Ruß(EC)- und PM₁₀-Messwerten
- Anhang 5 Leistungsbeschreibung des LfU für die Messungen von Benzol, Ruß, Stickstoffdioxid, Toluol, Xylolen und Schwebstaub an verkehrsbelasteten Punkten
- Anhang 6 Immissionswerte, Toleranzmargen und zulässige Überschreitungshäufigkeiten der 22. BImSchV vom 11.09.2002
- Anhang 7 Zusammenstellung möglicher Maßnahmen (Verkehr)
- Anhang 8 Fahrleistungen und Emissionen des Innerortsverkehrs in Deutschland 2000 bis 2005



1. Angaben zum Plangebiet und zur Immissionssituation

1.1 Plangebiet

Regensburg ist mit ca. 149.300 Einwohner (April 2004) die Hauptstadt des Regierungsbezirkes Oberpfalz. Die größte Nord-Süd-Ausdehnung beträgt 12,18 km, die Ost-West-Ausdehnung 12,07 km. Der höchste Punkt (Wasserhochbehälter nördlich der Kirche Keilberg) liegt bei 471 m über N.N.. Der tiefste Punkt (Donau-Südufer ggb. Schwabelweis Flusskilometer 2.375) liegt bei 326 m über N.N..

Im Bereich der Stadt Regensburg treffen sich drei geologische Einheiten: Im Nordwesten der Stadt geht die in Ost-West-Richtung verlaufende südliche Fränkische Alb, in die in Nord-Süd-Richtung verlaufende nördliche Fränkische Alb über. Im Bereich von Regensburg ist hierbei das bestimmende Element der Jura als letzte durchgängig erhaltene Schicht. Im Stadtgebiet hat diese geologische Formation am Keilberg (Steinbruch) ihren östlichsten Ausläufer. Im Nord-Osten der Stadt beginnt östlich der Tegernheimer Schlucht mit der Grundgebirgsformation des Bayerischen Waldes die älteste geologische Formation der Gegend. Südlich der Donau befindet sich die jüngste geologische Einheit der Gegend, das Tertiäre Hügelland. Die orographische Gliederung Regensburgs besteht im wesentlichen aus der kesselartigen Ausweitung des Donaubeckens mit überwiegend steil ansteigenden Randhöhen im Norden, Westen und Süd-Westen. Aus Norden und Westen münden die Flusstäler von Naab und Regen in das Donautal ein. Nordöstlich zweigen die Trockentäler von Grünthal und Gallingkofen ab. Im Osten und Süd-Osten öffnet sich das Becken zur Donauniederung.

Mit dem zentrumsnahen Autobahnkreuz verfügt Regensburg über optimale Nord-Süd- und West-Ost-Verbindungen durch die Autobahnen A3, Frankfurt-Wien und A93 München-Berlin. 10 Autobahnausfahrten umschließen die Stadt. Darüber hinaus liegt Regensburg an den Bundesstraßen B8, B15, B16 und B85.

Regensburg ist ein Eisenbahnknotenpunkt mit direkten Bahnlinien Richtung Berlin, Hannover-Hamburg, Wien-Frankfurt-Dortmund, München-Zürich-Bern, Stuttgart-Ulm, Prag und Budapest. Die Stadt ist an das ICE-Netz der Bahn angeschlossen.

Regensburg liegt an der nördlichsten Stelle der Donau, des mit insgesamt über 2.800 km längsten Flusses in Europa. Damit können von der Einmündung des Rhein-Main-Donau-Kanals ca. 30 km oberhalb von Regensburg bei Kelheim bis zum Schwarzen Meer über 2.400 Flusskilometer für den Massengüterverkehr mit Euronorm-Schiffen genutzt werden.

Regensburg verfügt über den größten Hafen Bayerns. Auf 136 ha wurden 2003 mehr als 3,2 Mio. Tonnen Güter umgeschlagen.



Die innerstädtische Erschließung erfolgt durch ca. 370 km Straßen sowie 130 km Geh- und Radwege.

Regensburg ist in wirtschaftlicher Hinsicht ein „Spätzünder“. Erst in den 80er Jahren bescherten sehr bedeutende Betriebsansiedlungen der Stadt ein im bayerischen Großstädtevergleich beispielloses Arbeitsplatzwachstum. Insbesondere das BMW-Werk, das 1986 die Produktion aufnahm, war ein historischer Meilenstein und löste in Verbindung mit der Chip-Herstellung durch Siemens, jetzt Infineon Technologies, eine Dynamik aus, die auch nach nun mehr fast 20 Jahren nicht nur in der Stadt, sondern auch in der Region noch anhält.

Die wirtschaftliche Struktur der Stadt und der Region Regensburg wird vor allem geprägt durch den Dienstleistungssektor. In der Stadt arbeiten 63 % der Arbeitnehmer im tertiären Bereich. Damit unterscheidet sich Regensburg allerdings nicht von den meisten anderen Großstädten nachindustrieller Prägung. Charakteristisch für Regensburg ist vielmehr:

- Der insgesamt hohe Arbeitsplatzbesatz (Arbeitsplätze bezogen auf 1.000 Einwohner) und die damit verbundene Umlandbedeutung wird im Reigen der deutschen Großstädte von den zwei Städten Frankfurt und Erlangen übertroffen;
- Die in den vergangenen 20 Jahren insgesamt sehr positive Entwicklung des produzierenden Sektors, die entgegen dem allgemeinen Trend verlief und auch in den rezessiven Jahren nach 1992 eine bemerkenswerte Stabilität aufwies.

Nicht nur die Stadt Regensburg als der Wachstumspol Ostbayerns, sondern auch die Region weist eine äußerst dynamische Entwicklung auf.

Nachhaltig unterstützt wurde diese wirtschaftliche Entwicklung durch die voll ausgebaute Universität, an der ca. 15.000 junge Leute studieren. Nach umfangreichem Ausbau und Modernisierung in den letzten Jahren studieren heute auch ca. 5.000 Studenten an der Fachhochschule Regensburg.

1.2 Informationen zu den Schadstoffimmissionskonzentrationen in Regensburg

1.2.1 Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB)

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) betreibt seit 1974 ein kontinuierlich arbeitendes, computergesteuertes Messnetz, das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB). Es umfasst derzeit insgesamt 53 Messstationen. Eine detaillierte Beschreibung des Messnetzes und der Stationen enthält Anhang 2.



In der Stadt Regensburg wird nur noch eine LÜB - Messstation betrieben (die Messstation Regensburg-Isarstraße wurde 2002 stillgelegt).

Die Messstation Regensburg-Rathaus besteht seit Januar 1975. Spezifische Daten und Messgeräteausstattung sind in folgender Tabelle 1 enthalten, die genaue Lage geht aus den Abbildungen 1 und 2 hervor:

<u>LÜB-Station Regensburg Rathaus</u>	
Stationscode	L3.1
Stationsname	Rathaus
Stationsart	verkehrsbezogen
PLZ	93047
Stadt	Regensburg
Straße	Schwanenplatz
Flur-Nr.	1326
Messbeginn	1975
Rechtswert	4507550
Hochwert	5431300
Länge	12°6'12''
Breite	49°1'12''
Höhe ü NN	336
Messhöhe	4 m
Abstand von der Straße	2 m
Orientierung der Station	Innenstadtverkehr
<u>Messgerätebestückung:</u>	
SO ₂	X
NO	X
NO ₂	X
CO	X
BTX	
O ₃	X
H ₂ S	
CnHmO	
CnHm	
Schwebstaub PM ₁₀	
Staubniederschlag	X
Ruß	

<u>LÜB-Station Regensburg Rathaus</u>	
InhSStaub	
InhStNieder	X
Windrichtung	X
Windgeschwindigkeit	X
Lufttemperatur	X
Niederschlag	
Luftdruck	X
Luftfeuchtigkeit	X
Globalstrahlung	X

Tabelle 1: Daten der LÜB-Station Regensburg Rathaus

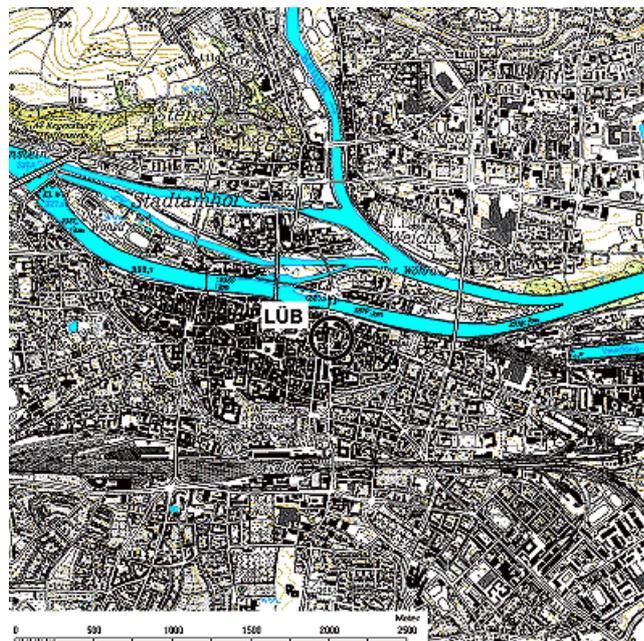


Abbildung 1: Messstation Regensburg Rathaus, Topographie

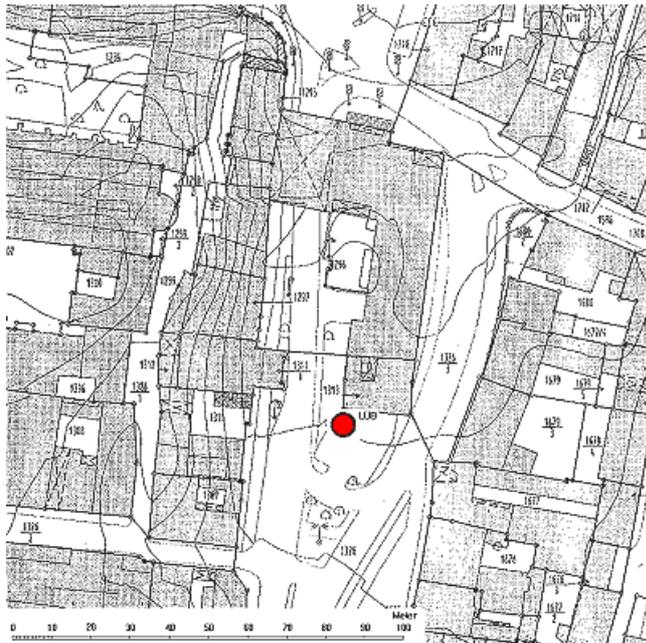


Abbildung 2: Messstation Regensburg Rathaus, Lage, schematisch, und Photo

An der Messstation Regensburg Rathaus wurde im Jahre 2003 der zulässige Tagesmittelwert für Feinstaub (PM_{10}) 48 mal überschritten. Genauere Angaben hierzu erfolgen unter Nr. 4.1.1.

1.2.2 Weitere Informationen über Immissionskonzentrationen

Messstellen im Vollzug § 40(2) (alt) BImSchG und sonstige Einzelmessungen

Zwischen März 2001 und Februar 2002 wurden im Auftrag des Landesamts für Umweltschutz von der TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH Schadstoff-Immissionsmessungen an verkehrsreichen Straßen in Regensburg durchgeführt. Während dieser Messkampagne wurden die Konzentrationen der Schadstoffe (Diesel-)Ruß, Stickstoffdioxid (NO_2), Feinstaub (PM_{10}), Benzol, Toluol und Xylole schwerpunktmäßig an den Regensburger Hauptverkehrsstraßen gemessen. Die Messergebnisse für Ruß, Stickstoffdioxid und Feinstaub sind in Abschnitt 4.1.2 zusammengefasst.

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) hat selbst von 8. Mai 2001 bis 7. Mai 2002 im Untersuchungsgebiet Regensburg und seinen Randgebieten Stichproben-Immissions-Messungen zur Bestimmung der Kenngrößen für die Luftschadstoff-Belastung gemäß 4. BImSchVwV durchgeführt. Die Messungen wurden an sechs verkehrsnahen Messpunkten, an fünf industrie- und gewerbebezogenen Messpunkten sowie an drei Hintergrundmessstellen am Stadtrand und in Wohngebieten vorgenommen. Die Immissionsmessungen wurden an folgenden Messorten durchgeführt:



Nummer	Charakteristik	Messort
C1	Verkehr	Schwanenplatz, Innenstadt bei LÜB-Station Rathaus.
C2	Verkehr	Keplerstraße 18
C3	Städt. Hintergrund	Am Beschlächt, Ende Lieblstraße Ecke Müllerstraße
C4	Verkehr	Pfälzer Weg (oberhalb Tunnel), Pfaffenberg
C5	Verkehr	Prüfeninger Straße bei Schulsportanlage
C6	Stadttrand	Eminoldweg bei Schloss Prüfening
C7	Industrie	Wernerwerkstraße bei Bushaltestelle vor Einfahrt zu Siemens/Infineon.
D1	Gewerbegebiet	Deggendorfer Straße, Ecke Hoher-Kreuz-Weg
D2	Gewerbegebiet	Markomannenstraße gegenüber Metro.
D3	Industrie	Weinbeckstraße, Ecke Schwabelweiser Friedhofstraße
D4	Gewerbegebiet	Harthofer Weg bei Siemens, Gebäude Nr. A 85.
D5	Wohngebiet	Siebenbürgener Straße (Reinhausen, Konradsiedlung)
D6	Verkehr	Weißenburgstraße bei alter Kirche
D7	Verkehr	Herbert-Quandt-Allee bei BMW Tor 2

Tabelle 2: Immissionsmessungen (Messorte) der Messkampagne des LfU 2001/2002

Durch automatische Analytoren, die in drei Luftmessfahrzeugen eingebaut waren, wurden folgende Schadstoffkomponenten bestimmt: Feinstaub (PM₁₀), Ruß, Ozon (O₃), Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂), Summe m-, p-Xylol und Ethylbenzol, Trichlorethen, o-Xylol, Tetrachlorethen (PER), Benzol und Toluol (Messwerte für Stickstoffdioxid und Feinstaub siehe Abschnitt 4.1.2).

Orte mit Rechenergebnissen aus Ausbreitungsrechnungen

Im Vollzug des § 40(2) (alt) BImSchG und der 23. BImSchV richtete das Bayerische Landesamt für Umweltschutz die Arbeitsgruppe „§ 40 Abs. 2 BImSchG“ ein. Von dieser wurden die Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft mbH, München, und die TÜV Ecoplan Umwelt GmbH, München, mit der rechnerischen Abschätzung der Benzol- und Rußbelastung an Hauptverkehrsstraßen bayerischer Städte beauftragt. Aufgrund des in Anhang 4 dargestellten Zusammenhangs zwischen Rußbelastung und PM₁₀ – Konzentrationen sind diese Daten auch für die aufgrund der Grenzwertüberschreitungen bei den Feinstaubkonzentrationen zu erstellenden Luftreinhaltepläne interessant.

Gemäß einer Auswertung des LfU war an 9 Straßenabschnitten von einer Überschreitung der damals gültigen Konzentrationswerte (Jahresmittelwerte) für Ruß von 8 µg/m³ bzw. für Benzol von 10 µg/m³ auszugehen. Im einzelnen wird auf die unter Abschnitt 4.1.2 dargestellten Ergebnisse verwiesen.

1.3 Darstellung der betroffenen Gebiete

Das Gebiet um die LÜB - Messstation Regensburg-Rathaus, in dem von einer Überscheidung der Konzentrationswerte auszugehen ist, ist in Abbildung 3 dargestellt:



Abbildung 3: LÜB-Station Regensburg-Rathaus und betroffenes Gebiet

Die LÜB-Messstation Regensburg-Rathaus befindet sich im Norden des Schwanenplatzes etwa 6 m von der Fahrbahn der am Platz vorbei führenden Dr.-Martin-Luther-Straße entfernt. Auf dem südlichen Teil des Schwanenplatzes und der Dr.-Martin-Luther-Straße, bis zu ihrer Aufweitung im Norden und Süden sind auf Grund der herrschenden Verkehrssituation und der ähnlichen Bebauungsdichte vergleichbare



Konzentrationen zu erwarten wie an der Messstation. Das im Bild rot markierte Überschreitungsgebiet umfasst rund 0,004 km².

2. Allgemeine Informationen

Die folgenden Angaben beziehen sich auf die Überschreitungssituation an der Messstation Regensburg-Rathaus, weitere als Verdachtsflächen eingestufte Straßenabschnitte werden zunächst nicht detailliert dargestellt.

2.1 Angaben zum verschmutzten Gebiet und zur betroffenen Bevölkerung

Das um die LÜB-Messstation liegende, betroffene Gebiet befindet sich im Innenstadtbereich von Regensburg. Angrenzende Gewerbebetriebe, die signifikant auf die PM₁₀-Belastung innerhalb des betroffenen Gebietes einwirken, sind nicht vorhanden.

Die Nutzung der umliegenden Bebauung entspricht der einer gemischten Baufläche mit Kerngebietscharakter. Zum Teil sind dort Gastronomiebetriebe, Läden oder Büros angesiedelt. Die oberen Geschosse der Wohngebäude werden in geringem Umfang zu Wohnzwecken genutzt.

2.2 Klimaangaben

Die Stadt Regensburg liegt im Naturraum Niederbayerisches Hügelland im Donautal. Die großräumigen Windverhältnisse sind geprägt durch das Vorherrschen west- bis südwestlicher Winde mit Zufuhr feuchter, atlantischer Luftmassen. Ein zweites Maximum tritt bei östlichen Windrichtungen auf, die vor allem bei Hochdrucklagen kontinentale trockene Luftmassen mit sich bringen.

Überlagert werden diese großräumigen Einflüsse durch die Ausprägung eines eigenständigen Stadtklimas vor allem an Strahlungstagen. Diese lokalen klimatologischen Bedingungen beeinflussen die Durchmischung und den Abtransport von Luftverunreinigungen. Entscheidend bei diesen Bedingungen ist dabei der Wind und die thermische Schichtung der bodennahen Atmosphäre. Das bodennahe Windfeld wird insbesondere durch die orographischen Verhältnisse geprägt. Im Naab- und Regental kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere bei stabilen Schichtungen talparallele Strömungen auftreten. Für den Bereich der Donauniederungen ist von einer deutlichen Ausrichtung zugunsten der westlichen und östlichen Strömungskomponenten auszugehen, wobei die westlichen dominieren. Im Anhang 3 ist die an der LÜB-Station Rathaus gemessene Windverteilung für das Jahr 2003 dargestellt. Die deutliche Bevorzugung südöstlicher Richtungen lässt auf lokale Einflüsse schließen. Ungeachtet dessen kann man erkennen, dass stärkere Winde, die für eine gute Durchlüftung der Stadt



sorgen, meist aus westlichen Richtungen kommen, während geringe Windgeschwindigkeiten bevorzugt bei nördlichen und südlichen Winden auftreten.

Bei einer labilen bzw. neutralen thermischen Schichtung der Atmosphäre findet ein guter bis ausreichender Vertikalaustausch statt und die Luftverunreinigungen werden gut mit der Umgebungsluft durchmischt. Bei einer stabilen Schichtung, besonders bei den als Sperrschichten wirkenden Inversionen, findet nur ein unzureichender Vertikalaustausch statt und insbesondere die in Bodennähe emittierten Luftverunreinigungen können sich in der bodennahen Luft anreichern.

Inversionen treten als Absinkinversionen in Hochdruckgebieten, beim Aufgleiten von Warmluft auf kältere Luftmassen und durch die nächtliche Ausstrahlung und die damit verbundene Abkühlung der bodennahen Luftmassen auf. Bei anhaltenden Inversionen, zusammen mit schwachen Winden und dem damit verbundenen eingeschränkten Luftmassenaustausch kann es zu erhöhten Schadstoffbelastungen in der bodennahen Atmosphäre kommen.

Die Inversionshäufigkeit im Regensburger Raum wird nach den vorliegenden Erkenntnissen wie folgt eingestuft: Im Mittel treten an 70 bis 80 % aller Tage pro Jahr bis 1000 m über Grund Inversionen auf. Diese lösen sich in den Sommermonaten meist am Vormittag wieder auf. Im Winter dagegen bleiben ca. 70 % aller Inversionen bis zum Mittag bestehen. Von den in den Herbst- und Wintermonaten auftretenden Inversionen sind ca. 20 % bis 30 % aller in der Nacht festgestellten Inversionen bis 500 m über Grund noch am Mittag des Folgetages erhalten.

Die mittlere Jahrestemperatur beträgt in Regensburg $8,2^{\circ}\text{C}$, der heißeste Monat ist der Juli mit durchschnittlich 18°C und der kälteste Monat der Januar mit -2°C . Im Jahresmittel fallen in Regensburg 642 mm Niederschlag; am niederschlagsreichsten sind die Sommermonate Mai bis August. Im Mittel scheint an 1646 h im Jahr die Sonne.

2.3 Zu schützende Ziele

Die Gebäude, die innerhalb des von der Überschreitung der zulässigen PM_{10} Konzentration betroffenen Gebietes liegen, werden teils gewerblich, teils zu Wohnzwecken genutzt. Besonders sensible Nutzungen, wie Schulen, Pflegeeinrichtungen oder Kindergärten sind dort nicht vorhanden. Ziel ist es, an den Fassaden, hinter denen Räume zum dauernden Aufenthalt angeordnet sind, die zulässigen Immissionsgrenzwerte einzuhalten, so dass schädliche Umwelteinwirkungen nicht zu erwarten sind und gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse gewährleistet werden.



3. Zuständige Behörden

Grundlage ist die bestehende Zuständigkeitsverteilung im Bayerischen Immissionsschutzgesetz (BaylmschG). Nach Art. 8 BaylmschG ist dem Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz die Luftreinhalteplanung zugewiesen. Dies gilt auch für die Aufgaben nach § 47 BImSchG n.F. Die in der 22. BImSchV geregelten einzelbehördlichen Aufgaben und Befugnisse sind Teil der in § 47 BImSchG beschriebenen Gesamtaufgabe.

Das Landesamt für Umweltschutz hat die Aufgabe, dem Ministerium unter Auswertung der dort vorhandenen lufthygienischen Daten die Gebiete zu benennen, in denen der Grenzwert der 22. BImSchV nebst Toleranzmarge überschritten ist, und die Gebiete, in denen die Einhaltung eines Grenzwerts zum vorgesehenen Zeitpunkt in Frage steht. Das LfU ist ferner beauftragt, die Öffentlichkeit gemäß § 12 Abs. 1 bis 6 22. BImSchV zu unterrichten.

Die Regierungen (Immissionsschutzbehörden) wurden beauftragt, nach entsprechender Information durch das Ministerium für das jeweils benannte Gebiet den vollständigen Entwurf für einen Luftreinhalteplan zu erstellen (UMS vom 18.08.2003, Az. 73d, 72c-8710.2-2002/1).

Den örtlichen Zuständigkeiten entsprechend kommt der Mitwirkung der Kommunen und Kreisverwaltungsbehörden sowohl bei der Aufstellung der Luftreinhaltepläne, als auch bei deren Umsetzung erhebliche Bedeutung zu.

4. Art und Beurteilung der Verschmutzung

4.1 Mess- und Rechenergebnisse

4.1.1 Daten der LÜB-Messstation Regensburg-Rathaus

Die an der LÜB-Messstation am Überschreitungsort Rathaus sowie an weiteren Messstationen im Großraum Regensburg gemessenen Jahresmittelwerte von PM₁₀ und NO₂ sind für die Jahre 2002 und 2003 in folgender Zusammenstellung aufgelistet:



Messstation	PM ₁₀ [µg/m ³]		NO ₂ [µg/m ³]	
	2002	2003	2002	2003
Regensburg, Rathaus	38	41	48	51
Regensburg, Isarstraße	33	-	-	-
Kelheim, Regensburger Straße	30	38	40	-
Saal a.d.D. – Auf dem Grieß	27	29	-	-
Neustadt a.d.D, Eining	-	26	17	22
Schwandorf Wackersdorfer Straße	32	41	31	35
Sulzbach, Rosenberg Lohe	34	37	-	-
Weiden, Nicolaistraße	34	39	32	38
Tiefenbach, Altenschneeberg	-	23	11	11

Tabelle 3: Jahresmittelwerte verschiedener Messstationen im Großraum Regensburg

Anhand der Messungen an den LÜB-Stationen kann der langfristige Verlauf der Schadstoffimmissionen verfolgt werden. Er ist in den folgenden Abbildungen für die Station Regensburg-Rathaus dargestellt:

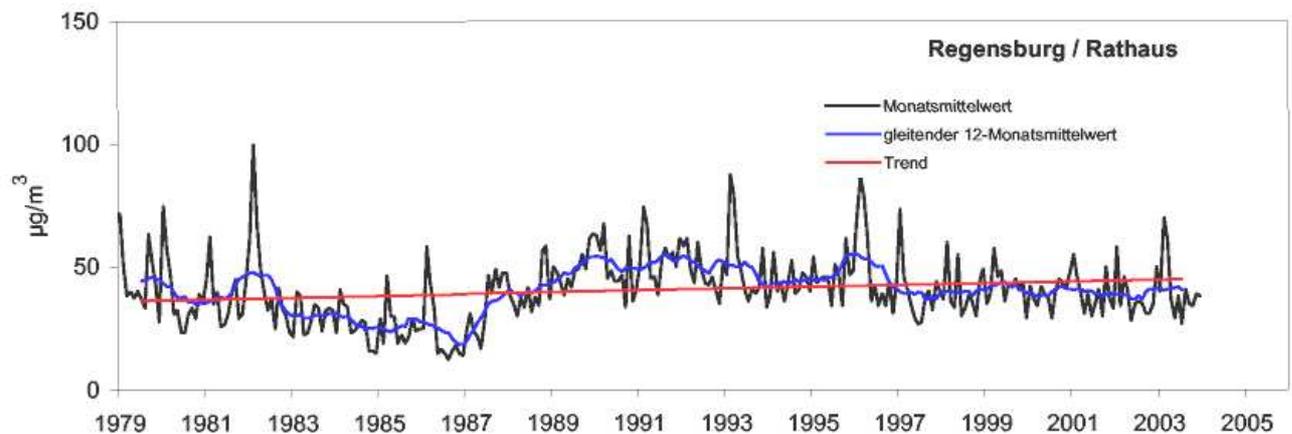


Abbildung 4: Verlauf der PM₁₀ – Konzentration an der LÜB-Station Regensburg-Rathaus von 1979 bis 2004

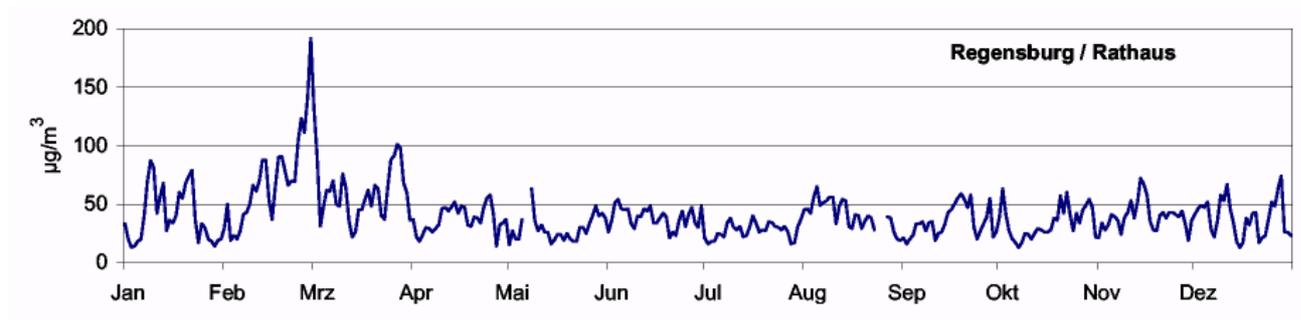


Abbildung 5: Verlauf der PM₁₀ – Konzentration an der LÜB-Station Regensburg-Rathaus für das Jahr 2003

Windrichtungsabhängigkeit

Aus den PM₁₀-Schadstoffwindrosen lassen sich keine besonderen Quell-Windrichtungen feststellen, wie die untenstehende Abbildung zeigt. Winde aus westlichen Richtungen führen wegen der dann in der Regel vorherrschenden höheren Windgeschwindigkeiten zu einer größeren Verdünnung der Schadstoffe in der Luft und damit zu niedrigeren PM₁₀ – Konzentrationen.

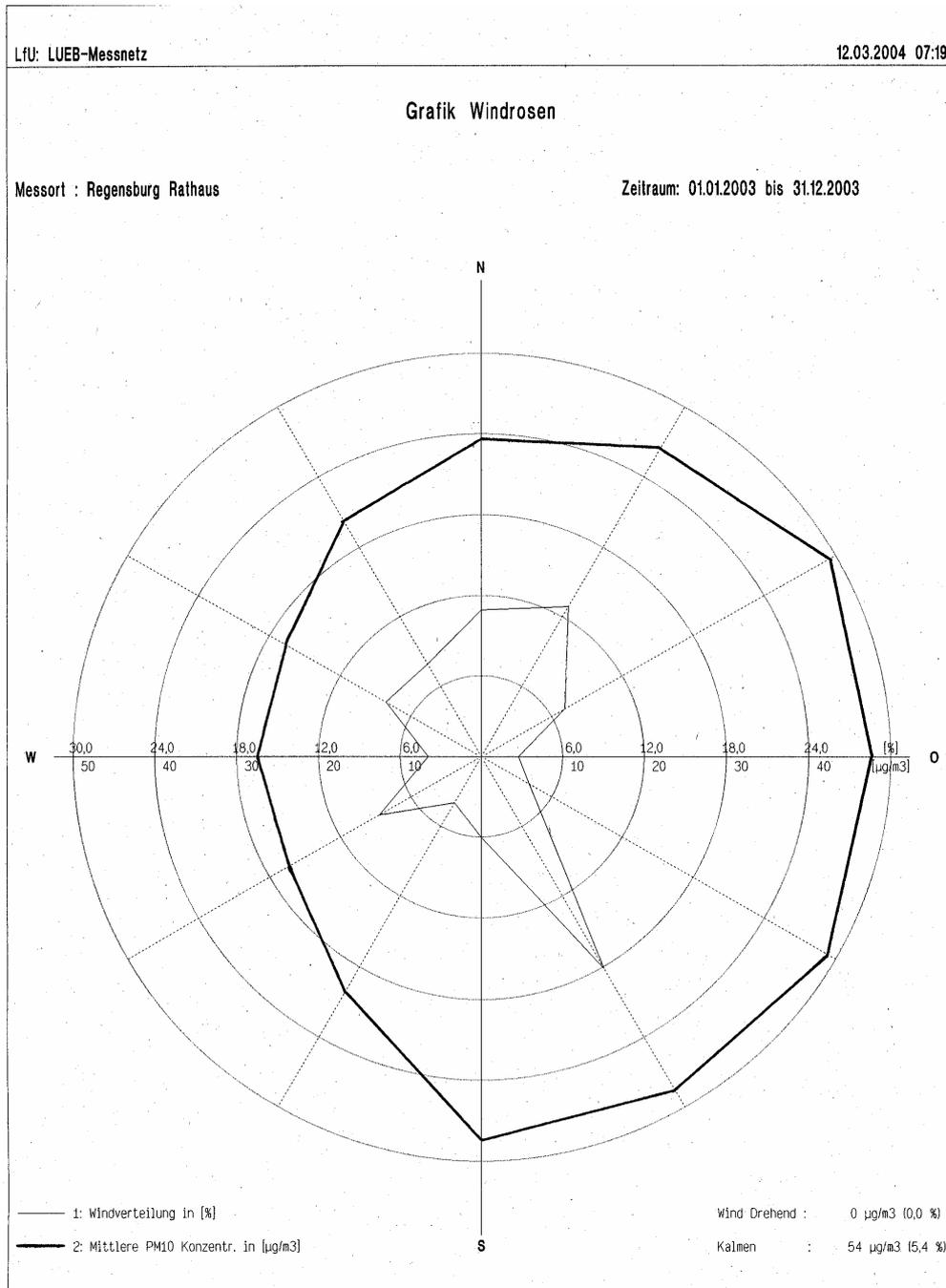


Abbildung 6: Schadstoffwindrose für die LÜB-Station Regensburg-Rathaus



4.1.2 Weitere Informationen über Immissionskonzentrationen

Messstellen im Vollzug des § 40 (2) (alt) BImSchG und sonstige Einzelmessungen

Während der Kampagne von März 2001 bis Februar 2002 wurden von der TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH folgende Ruß-, NO₂ - und Feinstaub (PM₁₀)-Konzentrationen gemessen (jeweils Jahresmittelwerte, in µg/m³):

Messort	Ruß [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
Galgenbergstraße	5	46	28
Friedenstraße	2	35	31
Frankenstraße	4	42	28
Schwandorfer Straße	4	37	28
Reinhausen	3	33	31
Adolf-Schmetzer-Str.	3	32	29
Luitpoldstraße	4	47	27
Thundorfer Straße	8	47	48
D.-Martin-Luther-Str.	6	53	28
Residenzstraße	3	40	24
Pfluggasse	5	47	31
Maximilianstraße	4	47	28

Tabelle 4: Messergebnisse der Messkampagne 2001/2002 des TÜV als Jahresmittelwerte

Zwischen Mai 2001 und Mai 2002 wurden vom Bayer. Landesamt für Umweltschutz folgende NO₂ - und Feinstaub (PM₁₀)-Konzentrationen gemessen:

Messort	Jahresmittelwert [µg/m ³]		98-Perzentil [µg/m ³]		Höchster ½-h-Wert [µg/m ³]	
	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀
Schwanenplatz	51	31	98	113	104	140
Keplerstraße	51	37	87	120	98	130
Pfälzer Weg	34	30	100	140	106	220
Prüfeninger Straße	35	31	108	139	139	166
Weißenburgstraße	46	36	75	144	89	160
Herbert-Quandt-Allee	35	26	87	89	89	160
Deggendorfer Straße	32	33	68	96	78	110
Weinbeckstraße	22	24	50	95	54	110
Harthofer Weg	30	34	62	108	81	180
Markomannenstraße	38	28	70	103	78	110
Wernerwerkstraße	30	31	72	110	81	130



Messort	Jahresmittelwert [µg/m³]		98-Perzentil [µg/m³]		Höchster ½-h- Wert [µg/m³]	
	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀
Erminoldweg	20	36	47	131	69	180
Am Beschlächt	28	34	71	106	108	140
Siebenbürgener Str.	24	33	63	146	89	190

Tabelle 5: Messergebnisse der Messkampagne 2001/2002 des LfU

Bei dem im wesentlichen aus NO und Oxidantien wie Ozon gebildeten NO₂ traten die höchsten Belastungen im wesentlichen an den Messpunkten an Hauptverkehrsstraßen mit beidseitiger Bebauung auf. Beim Feinstaub wurde kein großer Unterschied zwischen den einzelnen Einflussbereichen (Industrie, Verkehr, Hintergrund) festgestellt. In der Tendenz wiesen die verkehrsnahen Messpunkte aber die höchsten Messwerte auf.

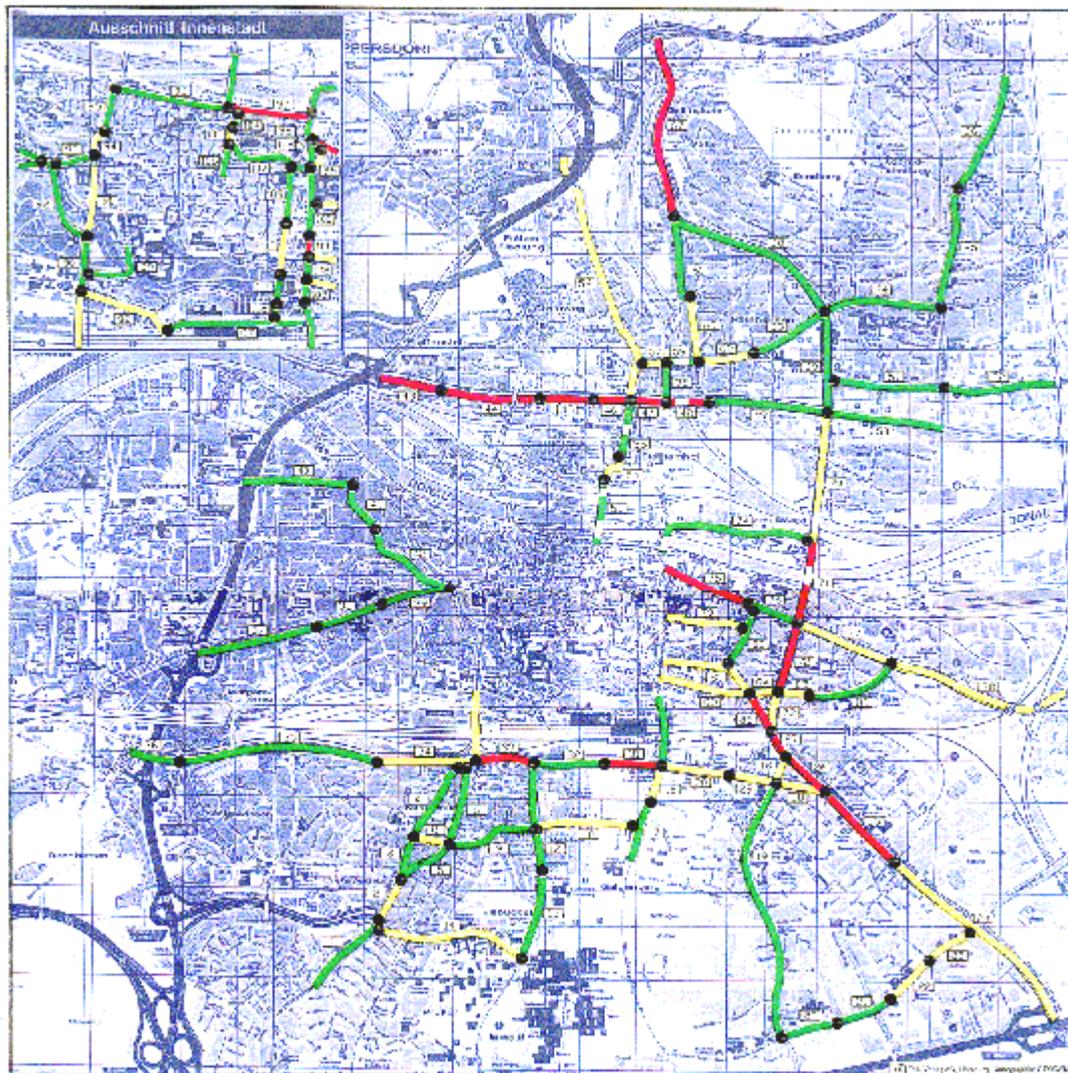
Orte mit Rechenergebnissen aus Ausbreitungsrechnungen

Hierzu liegen Gutachten der Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft mbH, München, und der TÜV Ecoplan Umwelt GmbH aus dem Jahr 1997 vor ("Abschätzung der Ruß- / Benzolbelastung an Hauptverkehrsstraßen bayerischer Städte" , Februar 1997). Einzelne Prognosewerte sind in Tabelle 6 zusammengefasst, Abbildung 7 enthält eine graphische Darstellung der Ruß-Konzentrationen.

Straßenabschnitt	Ruß [µg/m³]	Benzol [µg/m³]
Landshuter Straße, (Abschnitt Nr. 25)	11	-
Landshuter Straße, (Abschnitt Nr. 26)	10	-
Landshuter Straße, (Abschnitt Nr. 27)	10	-
Furtmayrstraße	9	-
Schwandorfer Straße	9	-
Amberger Straße	11	-
Ostengasse	12	12

Straßenabschnitt	Ruß [µg/m³]	Benzol [µg/m³]
Weißenburgstraße (Abschnitt Nr. 71.2)	14	11
Weißenburgstraße (Abschnitt Nr. 72)	11	-
Keplerstraße / Goldenen Bärenstr.	20	-
D.-Martin-Luther-Str.	9	-
Residenzgasse	9	-
Pfluggasse	9	-
Maximilianstraße	9	-

Tabelle 6: Überschreitungen der Jahresmittelwerte für Ruß (8 µg/m³) und Benzol (10 µg/m³) - Berechnungen 1997



Farbzuordnung: grün: $< 7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gelb: $7,0 \text{ bis } < 8,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rot: $8,0 \text{ bis } < 14,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Abbildung 7: Rußkonzentrationen (Prognose) in Regensburger Straßen

Zur Umrechnung von Ruß in PM_{10} siehe Anhang 4.

4.2 Angewandte Messverfahren

Die Messverfahren des LÜB sind in Anhang 2 beschrieben. Die Messverfahren der Messstellen im Vollzug des § 40 Abs.2 BImSchG sind in Anhang 5 beschrieben.



4.3 Beurteilungsgrundlagen, Beurteilungswerte

Grenzwerte, Toleranzmargen und zulässige Überschreitungshäufigkeiten lt. 22. BImSchV vom 11.09.2002, BGBl. I, S. 3622 sind in Anhang 6 tabellarisch zusammengefasst.

Für PM₁₀ (Partikel, die einen gröbenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm einen Abscheidegrad von 50 Prozent aufweist), die in der Stadt Regensburg von Bedeutung sind, sind die für die Luftreinhalteplanung relevanten Informationen in der folgenden Tabelle zusätzlich dargestellt. Diese Tabelle enthält auch Informationen zu NO₂, da auch für diesen Schadstoff in Regensburg nicht unerhebliche Immissionskonzentrationen erreicht werden und NO_x wichtige Vorläufersubstanzen für Sekundäraerosole sind.

PM ₁₀	NO ₂
<p>Tagesmittelwert: 50 µg/m³</p> <p>gültig ab 01.01.05 35 Überschreitungen pro Jahr zulässig Grenzwert + Toleranzmarge 2003: 60 µg/m³ jährliche Abnahme der Toleranzmarge: 5 µg/m³</p>	<p>Stundenmittelwert: 200 µg/m³</p> <p>gültig ab 01.01.10 18 Überschreitungen pro Jahr zulässig Grenzwert + Toleranzmarge 2003: 270 µg/m³ jährliche Abnahme der Toleranzmarge: 10 µg/m³</p>
<p>Jahresmittelwert: 40 µg/m³</p> <p>gültig ab 01.01.05 keine Überschreitung zulässig Grenzwert + Toleranzmarge 2003: 43,2 µg/m³ jährliche Abnahme der Toleranzmarge: 1,6 µg/m³</p>	<p>Jahresmittelwert: 40 µg/m³</p> <p>gültig ab 01.01.10 keine Überschreitung zulässig Grenzwert + Toleranzmarge 2003: 54 µg/m³ jährliche Abnahme der Toleranzmarge: 2 µg/m³</p>

Tabelle 7: Auszugsweise Darstellung der Anforderungen der §§3,4 der 22. BImSchV

5. Ursprung der Verschmutzung

5.1 Allgemeines

Die Immissionen am Überschreitungsort Rathaus (Schwanenplatz und Teile der Dr.-Martin-Lutherstraße) und an den übrigen innerstädtischen Straßenabschnitten, wo durch



Screening-Rechnungen bzw. Messungen Überschreitungen von Grenzwerten + Toleranzmargen der 22. BImSchV festgestellt worden sind, setzen sich aus unterschiedlichen Beiträgen folgender Kompartimente zusammen:

- Beitrag des lokalen Verkehrs: hier sind bei PM₁₀ nur abgasbedingte Immissionen genauer quantifizierbar; der PM₁₀-Beitrag aus Reifen-, Straßen- und Bremsabrieb sowie Aufwirbelung wird aus bisherigen Messergebnissen abgeschätzt.
- Städtische und regionale Hintergrundbelastung, zusammengesetzt aus:
 - o Verkehrsabgasen von anderen Straßen im Plangebiet (Stadt)
 - o Beitrag der Quellengruppen Industrie, Kleinf Feuerungsanlagen und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen im Plangebiet
 - o Beitrag der Quellengruppen Verkehr, Industrie, Kleinf Feuerungsanlagen und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen aus der Region
 - o biogenen Emissionen
 - o Bildung von Sekundär-Aerosolen aus gasförmigen Vorläuferstoffen in der Stadt und in der Region
 - o Ferntransport
 - o Sonstige Immissionseinflüsse aus nicht quantifizierten Emissionsquellen, wie Verwitterung, Baustellen, Abwehungen von Lkw-Ladungen, Bau- und Arbeitsmaschinen und sonstigen Verbrennungsvorgängen.

Für den Überschreitungsort Rathaus wurden die wichtigsten Immissionsbeiträge der Quellengruppen Verkehr von anderen Straßen, genehmigungsbedürftige Anlagen, nicht genehmigungsbedürftige und sonstige Anlagen aus Ergebnissen abgeschätzt, welche im Rahmen des F+E-Vorhabens "Einflüsse auf die Immissionsgrundbelastung von Straßen (EIS; Einflüsse auf die Immissionsgrundbelastung von Straßen; F+E-Projekt Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, TÜV-Süddeutschland Bau & Betrieb GmbH) auf rechnerischem Wege für die Städte Augsburg, Ingolstadt und Würzburg ermittelt worden sind. Die Immissionsbeiträge des lokalen Verkehrs entstammen aus Berechnungen, welche für 1998 mit Prognose auf 2002 für die Regensburger Hauptverkehrsstraßen durchgeführt worden sind¹. Die genannten Immissionsanteile wurden zum Immissionsbeitrag aus dem regionalen Hintergrund addiert und mit den Gesamtbelastungen (Messwerte) verglichen. Aus dabei resultierenden Differenzen wurde auf die sonstigen Immissionsbeiträge aus dem städtischen Hintergrund geschlossen.

Bei den Stickstoffoxiden ist es ist nicht ohne Weiteres möglich, NO₂-Beiträge zu addieren, da das System Ozon-Stickstoff-monoxid (NO)-Stickstoffdioxid (NO₂) photochemischen Umwandlungen unterliegt, die dem Massenwirkungsgesetz gehorchen. Daher kann sich ein auf den ersten Blick etwas verschobenes NO₂-Bild ergeben.

Im Folgenden wird von den Werten für 2003 ausgegangen.

¹ TÜV Umweltservice, Abschätzung der Ruß-/Benzolbelastung an Hauptverkehrsstraßen bayerischer Städte- 1998 – Stadt Regensburg



5.2 Beitrag des lokalen Verkehrs

PM₁₀

Der PM₁₀-Anteil, der vom lokalen Verkehr aus Auspuff-Emissionen stammt, wurde in den vorliegenden Untersuchungen im Vollzug des § 40 Abs. BImSchG nach dem Emissionsmodell Mobilev² und den Screening-Modellen für verkehrsbedingte Immissionen IMMIS-Luft³ und MLuS 2002⁴ aus der Verkehrsstärke der am Messpunkt vorbei führenden Straße, der mittleren Windgeschwindigkeit und der Bebauungsgeometrie berechnet. Er beträgt für den Messpunkt Rathaus (Schwanenplatz und Teile der Dr.-Martin-Lutherstraße) etwa 1,4 µg/m³. Hierbei ist der Beitrag der Kfz-bedingten Brems- und Reifenabriebe sowie Aufwirbelungen von Straßenstaub durch Fahrzeuge - ermittelt aus vorläufigen Ergebnissen verkehrsnaher Messungen in Regensburg⁵ - mit etwa 30 % der abgasbedingten Kfz-Partikel bereits enthalten. Der Gesamtbeitrag des lokalen Verkehrs kann im Jahr 2003 am Überschreitungsort Rathaus mit ca. 3 % der Gesamtbelastung geschätzt werden. Am verengten Straßenabschnitt der südlich weiter laufenden Dr.-Martin-Lutherstraße ist dieser Anteil jedoch höher (6 µg/m³, entsprechend etwa 13 %).

NO₂

Der verkehrsbedingte NO₂-Anteil wurde wie bei PM₁₀ über die Modelle Mobilev und IMMIS-Luft berechnet. Am Überschreitungsort Rathaus errechnet sich aus IMMIS-Luft ein NO₂-Immissionsbeitrag durch den lokalen Straßenverkehr von etwa 12 µg/m³ (24 %), im engeren Straßenabschnitt der südlich fortführenden Dr.-Martin-Lutherstraße 29 µg/m³ (50 %)

5.3 Beitrag des Verkehrs auf anderen Straßen

Der Immissionsbeitrag zur städtischen Hintergrundbelastung, der von Abgasemissionen des Verkehrs anderer Straßen in das Überschreitungsgebiet eingetragen wird, wurde im Rahmen des F+E-Vorhabens EIS für die Städte Ingolstadt, Augsburg und Würzburg aus den flächenbezogenen (2 km x 2 km) Daten des Emissionskatasters übernommen und unter Berücksichtigung der Partikeldeposition in Immissionen umgerechnet. Der Beitrag beläuft sich z.B. am Augsburger Königsplatz bei PM₁₀ auf 0,1-0,2 µg/m³ (ohne Deposition 0,2-0,4 µg/m³), bei NO_x auf 17 µg/m³ entsprechend etwa 6 µg/m³ NO₂.

² Maßnahmenorientiertes Berechnungsinstrumentarium für die lokalen Schadstoffemissionen des Kraftfahrzeugverkehrs. Programmversion 2.4, TÜV-Automotive GmbH, Umweltbundesamt Berlin, 1999

³ IVU Ges. f. Verkehrs- und Umweltplanung m.b.H., Sexau: IMMIS-Luft, Version 2.52 zum Import der mit Mobilev errechneten Emissionen, 1998

⁴ Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen, Deutsche Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2002

⁵ Rabl, P., Zischka M., F+E-Vorhaben: "Messung von Kfz-bedingten Edelmetall-Immissionen in verkehrsnahen Bereichen (MEDIV)" und "Tunnel-Immissionsmessungen zur Bewertung Kfz-spezifischer Emissionen (TIBE)", Abschlussbericht, Augsburg 2004 (in Vorbereitung)



Für die Regensburger Verhältnisse wurden aus Ermangelung anderer Daten ähnliche Beträge angesetzt, nämlich $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} und $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 für den Überschreitungsort Rathaus und die übrigen ausgewiesenen Straßenabschnitte.

5.4 Städtischer und regionaler Hintergrund

PM_{10}

Aus Messungen an nicht unmittelbar von Straßenverkehr beeinflussten Punkten lässt sich die regionale Hintergrundbelastungen ableiten. Solche Messstellen sind ebenfalls in Tabelle 3 mit den zugehörigen Messwerten aufgelistet (Neustadt a.d.D., Eining und Tiefenbach, Altenschneeberg).

In der Stadtmitte, d.h. am Messpunkt Rathaus kann der PM_{10} -Immissionsbeitrag aus dem regionalen Hintergrund demnach mit ca. $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben werden. Er setzt sich zusammen aus dem Schadstofftransport und Immissionsbeiträgen von Emissionsquellen außerhalb des Plangebietes Regensburg.

NO_2

Unter gewichtender Berücksichtigung der in Tabelle 3 aufgelisteten Messergebnisse von nicht unmittelbar von Straßenverkehr beeinflussten LÜB-Stationen kann eine regionale Hintergrundbelastung von ca. $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an NO_2 angenommen werden.

5.5 Beitrag der Quellengruppe genehmigungsbedürftige Anlagen

PM_{10}

Der Anteil an der städtischen Hintergrundbelastung, welchen die Quellengruppe Industrie an der Immission am Überschreitungsort aufweist, wurde im Rahmen des F+E-Vorhabens EIS für die Städte Ingolstadt und Augsburg aus Daten des Emissionskatasters (Bezugsjahr 1996) und Emissionserklärungen (Bezugsjahr 2000) abgeleitet. Die Einträge genehmigungsbedürftiger Anlagen in die Gesamtmission lagen in Augsburg, Ingolstadt und Würzburg zumeist unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An Straßen, welche näher an stark emittierenden industriellen Quellen liegen, kann dieser Anteil höher sein (z.B. $5 - 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der unmittelbaren Nähe einer großen Gießerei in Augsburg, $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Nähe eines Automobilwerkes in Ingolstadt).

Auf Regensburg übertragen bedeutet dies, dass der Immissionsbeitrag aus genehmigungspflichtigen Anlagen im mittleren und südlichen Stadtgebiet, d.h. am Überschreitungsort Rathaus überwiegend im Bereich um $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an PM_{10} liegen dürfte. Lediglich im Nahbereich stärkerer bodennaher Staubemissionsquellen, wie Lackieranlagen, Gießereien oder Gesteinsbrech- oder -bearbeitungsanlagen kann es punktuell zu vergleichbar erhöhten Immissionsbeiträgen wie in Ingolstadt oder Augsburg kommen.

Heizkraftwerke tragen mit jeweils maximal $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ meist nur unwesentlich zur PM_{10} -Belastung bei.



NO₂

Aus Emissionen genehmigungsbedürftiger Anlagen errechnen sich nach EIS in Augsburg, Ingolstadt und Würzburg überwiegend NO_x-Immissionsbeiträge zwischen 5 und 12 µg/m³, entsprechend 2 - 4 µg/m³ NO₂. Im Nahbereich stärker emittierender Anlagen (Gießerei) mit Emissionshöhen unter 50 m können diese auf 30 - 70 µg/m³ NO_x (ca. 11 - 20 µg/m³ NO₂) ansteigen. In Ingolstadt beträgt der NO_x-Immissionsbeitrag aus genehmigungsbedürftigen Anlagen ebenfalls zumeist 5 bis 10 µg/m³. Im Nahbereich eines Automobilwerkes steigt er punktuell bis etwa 50 µg/m³. Heizkraftwerke mit Gasturbinen tragen meist weniger als 2 µg/m³ zur lokalen NO_x-Belastung bei. Dem entsprechend kann auch in Regensburg in der Nähe von stärkeren NO_x-Emittenten mit Immissionsbeiträgen in ähnlicher Größenordnung gerechnet werden.

Für den Überschreitungsort Rathaus und die angegebenen Hauptverkehrsstraßen kommen diese jedoch nicht in Betracht. Für den Beitrag aus genehmigungsbedürftigen Anlagen wird mit einheitlich 5 µg/m³ NO_x, entsprechend 3 µg/m³ NO₂ gerechnet.

5.6 Beitrag der Quellengruppe Kleinf Feuerungsanlagen und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen

Der Eintrag aus Emissionen dieser Quellengruppen in die städtische Hintergrundbelastung wurde aus flächenbezogenen Daten des Emissionskatasters im Rahmen des F+E-Vorhabens EIS mit Hilfe eines Ausbreitungsmodells berechnet und beträgt im Stadtgebiet von Augsburg insgesamt etwa 0,5 - 0,8 µg/m³ PM₁₀ und 12 - 15 µg/m³ NO_x, entsprechend etwa 4 - 7 µg/m³ NO₂, in Ingolstadt 0,8 - 1,3 µg/m³ PM₁₀ und 14 - 19 µg/m³ NO_x, entsprechend etwa 6 - 8 µg/m³ NO₂ und in Würzburg 0,6 - 1,3 µg/m³ PM₁₀ und 5 - 14 µg/m³ NO_x entsprechend etwa 3 - 7 µg/m³ NO₂.

Unter Ansatz ähnlicher Gewerbe- und Hausbrandmuster kann in Regensburg von ähnlichen Immissionsbeiträgen in der Fläche ausgegangen werden. Es wurden jeweils 1 µg/m³ bei PM₁₀ und 10 µg/m³ bei NO_x, entsprechend 5 µg/m³ NO₂, für Beiträge dieser Quellengruppen angesetzt.

5.7 Sonstige Immissionseinflüsse

PM₁₀

Nicht im Emissionskataster oder durch Emissionserklärungen oder sonstige Emissionsfaktoren quantifizierte Emissionsquellen, wie Verwitterungstäube von Gebäuden, Abwehungen von Lkw-Ladungen, Baustellen, biogene Emissionen, Bildung von Sekundär-Aerosolen aus gasförmigen Vorläuferstoffen können einen nicht unbeträchtlichen Beitrag zur PM₁₀-Gesamtbelastung liefern. Dabei können solche Einflüsse sowohl aus der städtischen sowie der regionalen Hintergrundbelastung und aus dem Ferntransport stammen, als auch vom unmittelbar am Überschreitungsort vorbei



führenden Straßenverkehr. Die Summe all dieser Beiträge kann nur grob abgeschätzt werden. Sie ergibt sich aus der Differenz zwischen dem PM₁₀-Messwert am Überschreitungsort Rathaus und der Summe aus regionalem Hintergrund und den aus dem Verkehr und den übrigen Katasterdaten abgeschätzten Immissionen. Am Überschreitungsort Rathaus bleibt als Rest für solche sonstigen Einflüsse 12 µg/m³. Bei weiter vom Stadtzentrum entfernten Aufpunkten verringert sich dieser Anteil entsprechend.

NO₂

Auch hier können Emissionen aus nicht erfassten Quellen, wie Bau- und Arbeitsmaschinen und sonstige Verbrennungsvorgängen resultieren. Die Differenzen zwischen den Messwerten an den Überschreitungsorten (s. o.) und den aus dem Verkehr und den über Emissionskatasterdaten abgeschätzten Immissionen betragen für den Überschreitungsort Rathaus 10 µg/m³. Diese gelegentlich auch negativ ausfallenden Beträge können auch aus der nichtlinearen Addition einzelner NO₂ -Konzentrationswerte resultieren (siehe auch unter Allgemeines) und müssen im Rahmen der Genauigkeit dieser Abschätzung toleriert werden. Deswegen wurden sie für die Abschätzung der Immissionsanteile der übrigen Hauptverkehrsstraßen bei NO₂ nicht mehr berücksichtigt.

5.8 Immissionsanteile der einzelnen Verursacherguppen

Es zeigt sich, dass die Immissionsanteile für die in den folgenden Diagrammen aufgeführten Hauptstraßenabschnitten mit Überschreitungen deutlich vom lokalen Verkehr beeinflusst sind. Die prozentualen Anteile dieser Verursacherguppe lassen sich ungefähr benennen und für die Quellengruppen "genehmigungsbedürftige Anlagen" und "nicht genehmigungsbedürftige Anlagen" sowie Kleinf Feuerungsanlagen größenordnungsmäßige Immissionsbeiträge definieren. In den folgenden Diagrammen sind auch die Immissionsanteile für weitere Hauptstraßenabschnitte in Regensburg aus diesen Ergebnissen abgeleitet.

Es ist davon auszugehen, dass, trotz aller Unzulänglichkeit in der Beurteilungsmethode, an den betrachteten Immissionsorten und den im Vollzug des § 40 Abs. 2 BImSchG mit Konzentrationswertüberschreitungen von Ruß und NO₂ benannten Straßenschluchten ein erheblicher Anteil vom örtlichen Verkehr in der Straße selbst stammt. Dies gilt umso mehr, als ein Teil, der aus rechnerischen Gründen den "sonstigen Immissionseinflüssen" zugeschlagen wird, wiederum von Kraftfahrzeugen im Stadtgebiet und auf dem betrachteten Straßenabschnitt herrühren kann.

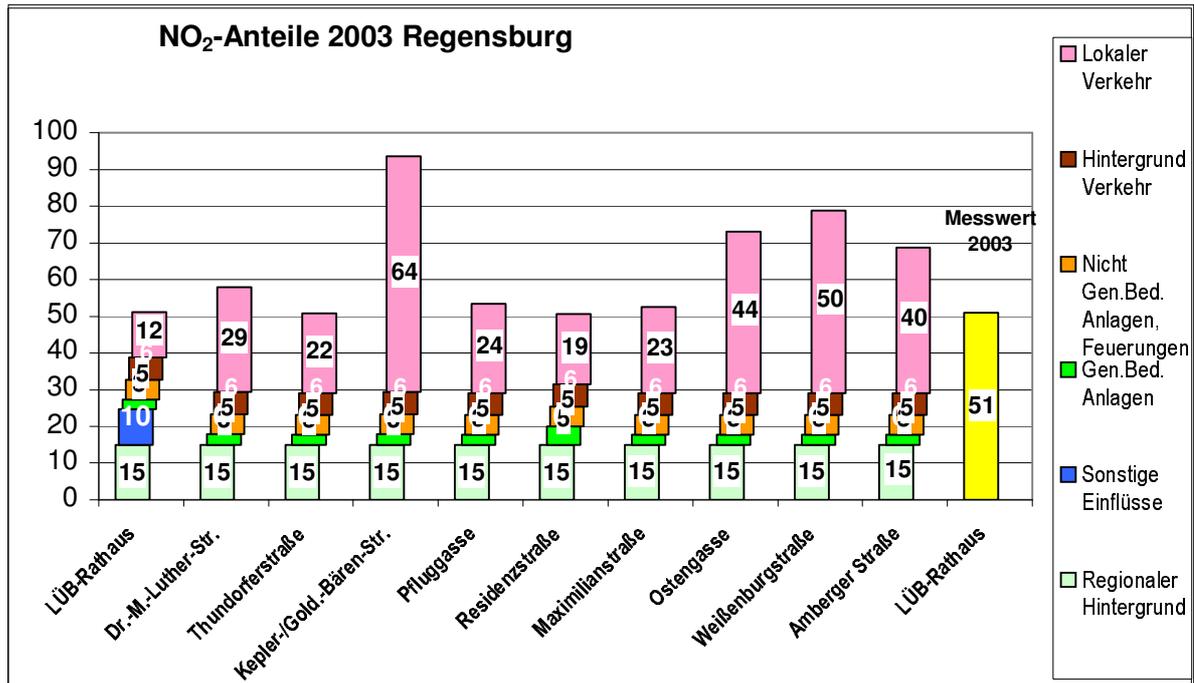
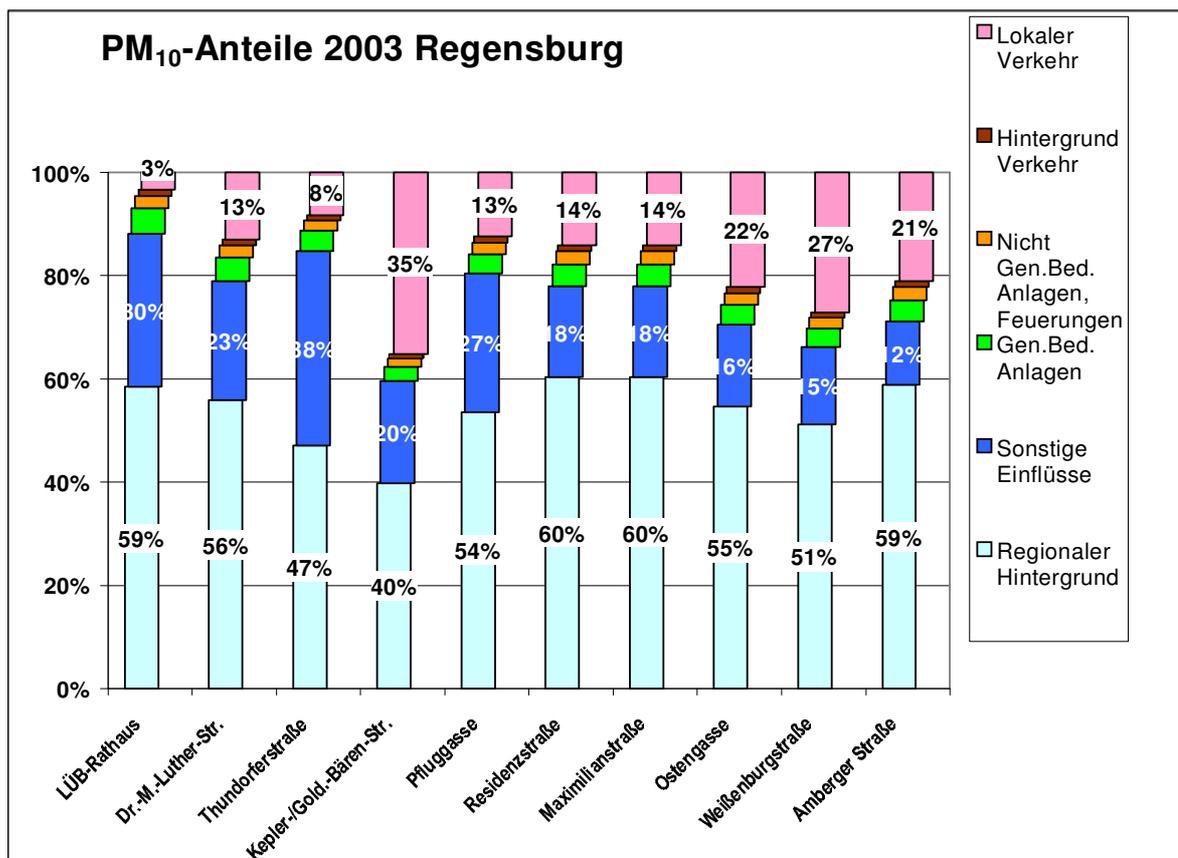


Abb. 8 (oben): NO₂-Immissionsanteile, Abb. 9 (unten): PM₁₀ - Immissionsanteile





5.9 Gesamtmenge der Emissionen (Tonnen/Jahr)

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über Art und Menge der wichtigsten im Stadtgebiet Regensburg emittierten Schadstoffe (Quelle: Emissionskataster Bayern, 1996)

Sektor	SO2	NO2	CO	NMVOG	PM	PM10	Ruß*	Benzol	N2O	NH3
Verkehr	23,9	880,0	3.771,8	620,1	87,4	40,3	34,5	24,7	11,2	6,0
genehmigungsbedürftige Anlagen	259,0	661,9	822,5	192,5	241,7	144,2	0,8	0,1		2,9
nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen	286,5	337,9	464,4	30,5	24,8	22,3		0,9	3,7	
sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen	0		19,9	1.508,7	43,1	8,4		1,0	9,8	7,3
Düngemittelanwendung in der Landwirtschaft									5,8	14,7
LM-haltige Konsumgüter in privaten Haushalten				260,5						
Nadel- und Laubwälder (biogene Emissionen)				9,4						
Summe (alle Sektoren)	569,4	1.879,8	5.078,6	2.621,7	397,0	215,2	35,3	26,7	30,5	30,9

* Ruß = Dieselpartikel; NMVOG = flüchtige organische Verbindungen, ohne Methan

Tabelle 8: Schadstoffquellen in Regensburg

6. Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität

6.1 Vorbemerkung

Für die Durchführung von Maßnahmen kommen grundsätzlich vor allem die Bereiche „Emittierende Anlagen“ und „Verkehr“ in Betracht.

Der Bereich der im Stadtgebiet liegenden immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen spielt der PM₁₀-Belastung eine untergeordnete Rolle, wie die Prognosen des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz zeigen. Die aus dem Emissionskataster abgeschätzte Immissionssituation wird im Rahmen von Inspektionen noch genauer untersucht werden, es ist aber davon auszugehen, dass diese Anlagen dem Stand der Technik entsprechen. Im Einzelfall werden auch kaum Emissionsminderungen im Vollzug der Altanlagenanierung der TA Luft 2002 zu erwarten sein. Insofern wurde dieser Bereich hier nicht näher betrachtet.



Der größte Anteil der PM₁₀-Belastung aus den nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen resultiert aus der Energieversorgung der Haushalte. Eine Verringerung der entsprechenden Schadstoffbelastung konnte bereits in der Vergangenheit mit der Umstellung von Fest- oder Flüssigbrennstoffen bei Einzelfeuerstätten auf Gas erzielt werden.

Ein weiteres Einsparpotential ist durch Regelungen des Einsatzes regenerativer Energien oder Passiv- und Niedrigenergiebauweise etc. im Rahmen der künftigen Bauleitplanung gegeben. Auf die Erarbeitung und Durchführung weiterer Maßnahmen für diesen Bereich konnte daher verzichtet werden.

Die städtische Hintergrundbelastung, zusammengesetzt aus regionalem Hintergrund und sonstigen Einflüssen ist für PM₁₀ bereits relativ hoch. Zu den Grenzwertüberschreitungen trägt dann vor allem die lokale Verkehrssituation bei. Für die Prüfung von Maßnahmen im Bereich Straßenverkehr wurde aus diesem Grund das gesamte Stadtgebiet berücksichtigt. Da die Verkehrssituation maßgeblich zur NO₂-Belastung beiträgt, sind die Maßnahmen im Bereich der Emittentengruppe Verkehr auch zur Minderung der NO₂-Emissionen geeignet.

6.2 Frühere verkehrsbezogene Maßnahmen

6.2.1 Verkehrsbezogene Maßnahmen in Regensburg

Folgende Maßnahmen, die auch zu einer Minderung der Feinstaubimmissionen im Stadtgebiet beitragen, wurden bereits im Vorfeld dieses Luftreinhalteplans realisiert:

Maßnahmen zur Radverkehrsförderung als Anreiz, das Fahrrad anstelle von Kfz zu benutzen:

- Verbessern der Durchlässigkeit des Radverkehrs in Wohngebieten, z. B. durch Freigabe von Sackgassen oder Öffnung von Einbahnstraßen;
- Optimierung des Fahrkomforts, z. B. durch Absenkung von Bordsteinen, verstärkte Ausweisung von gemeinsamen Geh- und Radwegen in der Altstadt (sog. Wohnverkehrsstraßenmodell), Ausbesserung von schadhafte Radwegbelägen;
- Verbesserung der Verkehrssicherheit, z. B. durch Roteinfärbung des Belages an exponierten Gefahrenlagen oder durch markierungstechnische Ausleitungen in den Fahrbahnbereich;
- Überprüfung aller Radweganlagen in Regensburg im Hinblick auf die Radwegbenutzungspflicht;
- Verstärktes Angebot an Abstellanlagen für Zweiräder (auch saisonale Ausweisungen),
- Einführung einer (touristischen) Radwegweisung im Stadtgebiet mit Fortschreibung in den nächsten Jahren;



- Fahrradprojekte: In den letzten 5 Jahren wurden Radwege mit anteiligen Kosten von etwa 6.270.000 € hergestellt, zusammen mit Straßenbaumaßnahmen oder als eigenständige Projekte;
- Öffnen von Einbahnstraßen in Gegenrichtung: Von der seit 1997 möglichen Öffnung von Einbahnstraßen für den Fahrrad-Gegenverkehr wurde bisher in mehr als 15 Fällen Gebrauch gemacht, um Netzzusammenhänge zu verbessern und Umwege zu vermeiden. Weitere Einbahnstraßen werden derzeit auf Eignung geprüft;
- Abstellplätze in der Altstadt: Seit etwa 10 Jahren Schaffung dezentraler Fahrradstellplätze in der Altstadt, in jüngerer Zeit z.B. in der Maximilianstraße und in der Goliathstraße;
- Errichtung großer überdachter Abstellanlagen auf den Bahnhofsvorplätzen nördlich (300 Fahrradstellplätze) und südlich (350 Fahrradstellplätze) des Hauptbahnhofes.

Fußgängerförderung:

- Bau des Verbindungsstegs über den Hauptbahnhof u.a. als Element der Fußwegverbindung von der Altstadt zur Universität;
- Fußgängerleitsystem in der Altstadt mit eigens gestalteten Wegweisern.

Förderung des öffentlichen Verkehrs / ÖPNV:

- Optimierung des Stadtbussystems in Regensburg im Jahr 1995;
- Einführung des Semestertickets im Jahr 1999;
- Bau von Wendeanlagen am Westende der Linien 6 und 11 im Jahr 1997;
- Einführung des Altstadtbusystems zur Entlastung der Altstadt von den Standardbussen;
- Park and Ride-Anlage auf der Einhausung der A 93 zur Entlastung der Innenstadt vom MIV

Maßnahmen zur Verkehrsverflüssigung:

- Einsatz eines dynamischen Parkleitsystems in der Regensburger Altstadt seit 1994 zur Minimierung des Parkplatzsuchverkehrs;
- Neuaufbau der gesamten wegweisenden Verkehrsbeschilderung in Regensburg in den Jahren 1997-2003: Neben der allgemeinen Kfz-Wegweisung, der Parkleitführung und der Radverkehrswegweisung wurde in Regensburg eine eigenständige Hotelwegweisung und ein sog. Fußgängerleitsystem eingeführt. Für den Bustourismus besteht eine selbstständige Busterminalwegweisung. Der gesamte Kostenaufwand für alle Leitsysteme beläuft sich auf rd. 5 Mio. Euro;
- Einführung einer Wegweisung auf Hauptverkehrsstraßen.



Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen

- Bau der Max-Planck-Straße als Ortsumgehung von Burgweinting;
- Bau der AS Klinikum zur Entlastung von Innerortsstraßen vom überörtlichen Kfz-Zielverkehr zur Uni und zum Klinikum.

Fahrbeschränkungen und Fahrverbote

- Sperrung der Steinernen Brücke mit der Folge einer deutlichen Entlastung der Thundorferstraße;
- Einrichten von Tempo-30-Zonen in allen Wohngebieten;
- Umwandlung der Gesandtenstraße, der Rote-Hahnen-Gasse, der Ludwigstraße, der Goliathstraße, der Wahlenstraße, des Neupfarrplatzes, der Residenzstraße und kürzlich der Maximilianstraße zu Wohnverkehrsstraßen

Aufstellung eines Verkehrsentwicklungsplans

City-Logistik-System Reg-Log zur Bündelung des Lieferverkehrs in die Innenstadt

6.2.2 Emissionsbeschränkung bei Kraftfahrzeugen

Die Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (StVZO)⁶ schreibt für die Typzulassung neuer Kraftfahrzeuge und das Abgasverhalten in Betrieb befindlicher Kfz die Einhaltung bestimmter Emissionsgrenzwerte für die Komponenten Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO_x), flüchtige organische Verbindungen (CH) und Partikel vor. Dabei ist die Typzulassung von Pkw einheitlich auf einen Rollen-Prüfstandstest (neuer Europatest, MVEG-Test) zu beziehen, der aus vier gleichartigen Stadt-Fahrzyklen und einem außerstädtischen Fahrzyklus besteht. Ab der Grenzwertstufe Euro 3 ist (ab dem Jahr 2000) ein modifizierter Test vorgeschrieben, der im Gegensatz zu früheren Verfahren die Kaltstartphase voll berücksichtigt und eine teilweise Verschärfung der Grenzwerte bedeutet. Die europaweit gültigen und für 2005 beschlossenen bzw. angestrebten Abgasgrenzwerte für Pkw sind in der Tabelle 9 zusammengestellt.

⁶ Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) i.d.F. v. 28.09.1988 BGBl I, 10793, z. g. am 11.12.2001 BGBl I, S. 3617



Betriebsart	Komponenten	EU-Richtlinien				
		91/441/EWG Euro 1 seit 1992/93 Serie Typ	94/12/EG Euro 2 ab 1996/97 Typ + Serie	98/69/EG Euro 3 ab 2000/01 Typ + Serie	Euro 4 ab 2005	
Otto (Benzin)	CO	3,16	2,72	2,2	2,3	1,0
	CH	1,13	als 0,97	0,5	als 0,2	0,1
	NO _x	Summe CH+NO _x		Summe CH+NO _x		0,15
Diesel	CO	3,16	2,72	1,0	0,64	0,50
	CH + NO _x	1,13	0,97	0,7 (0,9*)	0,56	0,30
	NO _x	--		-	0,50	0,25
	Partikel	0,18	0,14	0,08 (0,10*)	0,05	0,025

*) Pkw mit Direkteinspritzmotoren

Tabelle 9: Europäische Abgasgrenzwerte für neue Pkw (g/km)

Für neuzugelassene Ottomotor-Pkw sind ab dem Jahr 2000 On-Board-Diagnose-Systeme verpflichtend, die die Funktion der Abgasreinigungsvorrichtungen gewährleisten. Für neuzugelassene Diesel-Pkw gilt diese Vorschrift ab 2003. Für Leichte Nutzfahrzeuge orientieren sich die Grenzwerte in der Größenordnung an denen für Pkw; bei schwereren Fahrzeugen sind jedoch etwas höhere Werte zulässig.

Für motorisierte Zweiräder und Mopeds sind auf ähnliche Prüfstandszyklen festgelegte Abgasgrenzwerte europaweit seit 1997 gültig. Die erste Reglementierung erfolgte allerdings 1994 auf nationaler Ebene. Die Werte sind in Tabelle 10 zusammengestellt. Für drei- bzw. vierrädrige Krafträder gilt das 1,5- bzw. 2-Fache der Grenzwerte für Zweiräder.

Bei Lastkraftwagen und Bussen sind die Emissionsgrenzwerte nicht wie bei Pkw und Krafträdern streckenbezogen, sondern nach einem 13-stufigen Prüfstandstest leistungsbezogen definiert. Dieses stationäre Testverfahren soll allerdings durch ein dynamisches ersetzt werden, welches realitätsnahe Lastwechselstufen enthält. Die Abgasgrenzwerte für Lkw und Busse bis zur Stufe Euro 5 sind in Tabelle 11 enthalten. Auch für Lkw werden ab Euro 3 On-Board-Diagnosesysteme für den Emissionszustand erforderlich sein. Euro 5 wird bei Lkw ohne Abgasnachbehandlung für die Stickstoffoxidemission wahrscheinlich nicht erfüllbar sein.

Motorräder	Komponenten	National ECE-R40/01 seit 1994	EU-Richtlinie 97/24/EG	
			Euro 1 ab 1999	Euro 2 Vorschlag
2-Takt	CO	16,0 - 40,0	8,0	3,0
4-Takt		21,0 - 42,0	13,0	3,0



Motorräder	Komponenten	National ECE-R40/01 seit 1994	EU-Richtlinie 97/24/EG	
			Euro 1 ab 1999	Euro 2 Vorschlag
2-Takt	CH	10,4-16,8	4,0	1,0
4-Takt		6,0-8,4	3,0	1,0
2-Takt	NOx	-	0,1	0,3
4-Takt		-	0,3	0,3
Testverfahren		Stadtzyklus	Stadtzyklus	wie bei Pkw
Mopeds (2-Takt)	Komponenten	National ECE-R47/01 seit 1989	EU-Richtlinie 97/24/EG	
			Euro 1 ab 1999	Euro 2 ab 2002
	CO	9,6	6,0	1,0
	CH	6,5	-	-
	CH+ NO _x	-	3,0	1,2
Testverfahren		Stadtzyklus	Stadtzyklus	Stadtzyklus

Tabelle 10: Abgasgrenzwerte für Motorräder und Mopeds (g/km)

EU-Richtlinien	88/77/EWG	91/542/EWG		99/96/EG				
	Komponenten Euro 0 seit 1988/90	Euro 1 seit 1992/93	Euro 2 seit 1995/96	Euro 3 ab 2000/01		Euro 4 ab 2005	Euro 5 ab 2008	EEV ⁷⁾
CO	12,3	4,9	4,0	2,1	5,45	4,0	4,0	3,0
CH	2,6	1,23	1,1	0,66	0,78	0,55	0,55	0,4
Methan	-	-	-	-	1,6 ⁴⁾	1,1 ⁴⁾	1,1 ⁴⁾	0,66
NOx	15,8	9,0	7,0	5,0	5,0	3,5	2,0	2,0
Partikel	-	0,4/ 0,68 ⁸⁾	0,15	0,1/ 0,13 ⁵⁾	0,16/0,21 ⁵⁾	0,03 ⁵⁾	0,03 ⁵⁾	0,02
Rauchtrübung	-	-	-	0,8 m ⁻¹ 6)	-	0,5 m ⁻¹ 6)	0,5 m ⁻¹ 6)	0,15 m ⁻¹ 6)
Testverfahren	13-Stufentest	13-Stufentest	13-Stufentest	ESC-Test und ELR-Test ¹⁾	ETC-Test ^{2,3)}			

Tabelle 11: Abgasgrenzwerte für neue Lkw und Busse (g/kWh)

1) geändertes/verschärftes Verfahren für Dieselmotoren, gilt auch für Euro 4 und 5 (Werte teilw. weggelassen)



- 2) zusätzlicher Transienten Test für Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlungssystemen
- 3) Für Gasmotoren nur Transienten-Test
- 4) Nur für Erdgasmotoren
- 5) Nur für Dieselmotoren
- 6) Trübungsmessung nach ESC- und ELR-Test
- 7) Besonders umweltfreundliche Fahrzeuge
- 8) Für Lkw ≤ 85 kW

Wiederkehrende Abgasuntersuchungen (AU) nach §§ 47a und b StVZO sind ab 01.12.1993 für alle Kfz, ausgenommen Krafräder, verbindlich und ersetzen die früher bei konventionellen Otto-Pkw vorgeschriebene Abgassonderuntersuchung (ASU). Die Untersuchungszyklen liegen bei konventionellen Otto- und Diesel-Kfz bei 12 Monaten, bei Kfz mit G-Kat und besonders schadstoffarmen Dieselmotoren bei 24 Monaten. Die erste Untersuchung muss bei den beiden letztgenannten Kfz-Kategorien erst 36 Monate nach der ersten Zulassung erfolgen. Es werden folgende Komponenten temperatur- und drehzahlbezogen bestimmt:

Kfz mit Ottomotoren: CO, CO₂, CH, O₂ bei Leerlauf und erhöhter Drehzahl
 Kfz mit Dieselmotoren: Partikel (Rauchtrübung) bei Leerlauf und erhöhter Drehzahl.

6.2.3 Kraftstoffbezogene Reglementierungen

Kraftstoffbedingte Emissionen sind seit Mitte der 70er Jahre durch das Benzin-Bleigesetz reglementiert, das seit dem 01.01.1976 die höchstzulässige Konzentration organischer Bleiverbindungen im Ottokraftstoff auf 0,15 g Pb/l limitiert⁷. Die Richtlinie 85/210/EWG - Bleigehalt in Benzin - verlangte auch von den EU-Mitgliedstaaten, den zulässigen Benzinbleigehalt auf 0,15 g Pb/l zu senken und vom 01.10.1989 an unverbleites Benzin, d. h. Benzin mit einem Bleigehalt von < 0,013 g Pb/l, zur Verfügung zu stellen. Unverbleites Benzin muss bei der Abgabe an der Tankstelle eindeutig gekennzeichnet sein.

Bleifreies Benzin war in Deutschland schon in den 50er und 60er Jahren im Handel (z.B. „Aral bleifrei“). Seit 1983 ist es zum Betrieb der in zunehmendem Maß eingeführten Katalysator-Fahrzeuge wieder auf dem Markt. Seit 1998 wird in Deutschland nur noch unverbleites Benzin vertrieben. Für die im Rahmen des Auto-Öl-Programms der Europäischen Union EU im Kraftstoffbereich vorgesehenen Verbesserungen sind in der Kraftstoffrichtlinie 98/70/EG u.a. folgende Parameter neu festgelegt:

Ottomotorkraftstoffe:	ab 01.01.2000	ab 01.01.2005
max. Schwefelgehalt (ppm):	150	50
max. Benzolgehalt (Vol.%):	1,0	1,0
max. Aromatengehalt (Vol.%):	42	35

⁷ Gesetz zur Verminderung von Luftverunreinigungen durch Bleiverbindungen in Ottokraftstoffen für Kraftfahrzeugmotoren (Benzinbleigesetz - BzB1G) i.d.F. vom 18.12.1987, BGBl I S. 2810, z.g. am 09.09.2001, BGBl. I S. 2331, 2334



<u>Ottomotorkraftstoffe:</u>	ab 01.01.2000	ab 01.01.2005
max. Olefingehalt (Vol%):	18	18
max. Sauerstoffgehalt (Gew.%)	2,7	2,7
max. Bleigehalt (g Pb/l)	0,013	0,013

<u>Dieselmotorkraftstoff:</u>	Jahr 2000	Jahr 2005
max. Schwefelgehalt (ppm):	350	50
max. Polyaromatengehalt (Gew.%)	11	11
min. Cetanzahl	51	51

Tabelle 12: Vorgesehene Verbesserungen im Rahmen des Auto-Öl-Programms

Die Zehnte Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 13.12.1993⁸ setzt diese Richtlinie in nationales Recht um und regelt unter Verweis auf die einschlägigen DIN-Normen die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten der in den Handel gebrachten Otto-, Diesel- und gasförmiger Kraftstoffsorten (unverbleite Ottokraftstoffe: DIN EN 228, Ausgabe Februar 2000; verbleite Ottokraftstoffe: DIN 51600; Dieselmotorkraftstoffe: DIN EN 590, Ausgabe Februar 2000; Flüssiggas: DIN EN 589).

Die für das Jahr 2005 vorgesehenen Regelungen wurden in Deutschland auf dem Wege über steuerliche Regelungen eher eingeführt. Seit dem 01.01.2003 werden alle Benzin- und Dieselsorten praktisch schwefelfrei (≤ 10 ppm) angeboten. Für Qualitäten, die heute noch die für 2005 vorgeschriebenen Schwefelgehalte überschreiten, werden zusätzliche Steuern von € 0,015/l erhoben.

In der Neunzehnten Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 17.01.1992⁹ wurde die Beimischung von Chlor- und Bromverbindungen als Scavenger für bleihaltiges Benzin verboten. Damit sind die Emissionen polyhalogener Dibenzodioxine und -furane aus dem Kfz-Verkehr nahezu verschwunden.

Minderungen der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Kraftstoffumschlag sind seit Inkrafttreten der Zwanzigsten und Einundzwanzigsten Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz^{10,11} eingetreten. Diese schreiben eine Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen beim Umfüllen und Lagern von

⁸ Zehnte Verordnung zur Durchführung des BImSchG (10. BImSchV) - Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen vom 13.12.1993, BGBl. I S. 2036 z. g. am 22.12.1999, BGBl. I, S. 2845)

⁹ Neunzehnte Verordnung zur Durchführung des BImSchG (19. BImSchV) – Verordnung über Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz vom 17.01.1992, BGBl. I S. 75, g. am 21.12.2000, BGBl. I S. 1956, 1963

¹⁰ Zwanzigste Verordnung zur Durchführung des BImSchG (20. BImSchV) – Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen vom 27.05.1998, BGBl. I S. 1174, g. am 24.06.2002, BGBl. I S. 2247, 2249

¹¹ Einundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des BImSchG (21. BImSchV) – Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen vom 07.10.1992, BGBl. I S. 1730, geändert durch Verordnung vom 06.05.2002, BGBl. I S. 1566



Ottokraftstoffen bzw. beim Betanken von Kfz z.B. durch Einsatz von Gaspindelverfahren vor. Die 20. BImSchV gilt für alle Tanklager und Tankstellen sowie für bewegliche Behälter (Straßentankwagen und Eisenbahnkesselwagen). Sie gilt nicht für Tankstellen, die vor dem 04.06.1998 errichtet worden sind und deren jährliche Abgabemenge an Ottokraftstoff 100 m³ nicht überschreitet. Die 21. BImSchV, die seit dem 01.01.1993 in Kraft ist, galt nach Ablauf aller Übergangsfristen seit Ende 1997 für Tankstellen mit Abgabemengen über 1000 m³/Jahr. Da Messungen und technische Überprüfungen an Tankstellen in den Jahren 1999 und 2000 ergeben hatten, dass die Gasrückführungssysteme ("Saugrüssel") häufig Mängel aufweisen oder ganz ausgefallen sind, wurde die 21. BImSchV durch VO vom 06.05.2002 geändert. Sie schreibt nunmehr eine automatische Überwachung der Gasrückführsysteme vor.

6.3 Auswirkungen der fahrzeug- und kraftstoffbezogenen Regelungen

Durch die zunehmende Reduzierung der auspuffseitigen Kfz-Emissionen auf Grund zunehmender Abgasstandards der Flotte sowie durch Verminderung der Benzol- und Schwefelgehalte der Kraftstoffsorten sind in den letzten 15 Jahren erhebliche Minderungen bei Benzol- und Gesamt-Stickstoffoxid-Immissionen eingetreten. Allerdings sind Rückgänge bei Stickstoffdioxid wohl wegen fehlerhafter Einschätzung der NO_x-Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge¹², ansteigender durchschnittlicher Ozonbelastungen in den Städten und entsprechender steigender Oxidationsraten beim Stickstoffmonoxid, wenn überhaupt, so nicht sehr deutlich ausgeprägt. Bei PM₁₀ zeigte sich an verkehrsnahen Messstellen erst in den letzten 5 Jahren ein Rückgang, der im bayerischen Durchschnitt etwa 1 µg/m³ pro Jahr betrug, jedoch im Jahr 2003 nicht mehr festzustellen war.

Die stärkste, allerdings kurzfristige Wirkung haben demnach Fahrverbote für nicht Schadstoff geminderte (konventionelle Vor-Euro-1) Kfz, gefolgt vom Idealszenario „bestverfügbare Technik“. Die Fahrleistungen reduzieren sich beim Fahrverbot naturgemäß erheblich (allerdings mit der Zeit immer weniger). Ein Fahrverbot für schwere Nutzfahrzeuge mit Vor-Euro-2-Abgasstandard wirkt sich im Wesentlichen auf NO_x und Partikel aus. Diese Szenarien stellen aber Idealfälle dar, welche die maximal erreichbare Emissionsminderung kennzeichnen. Beim näher an der Realität gelegenen Fall „vertretbare Technik“ wurde eine gewisse Fahrleistungsminderung gegenüber dem natürlichen Trend bzw. der vollständigen Substitution angenommen, da hierbei davon auszugehen ist, dass bei Nichtverfügbarkeit eines geeigneten Fahrzeugs auch Fahrten zusammengelegt werden oder z.T. entfallen können. Der Vergleich zeigt, dass die Ergebnisse dieses Szenarios nicht weit von denen des Idealfalles „Substitution durch bestverfügbare Technik“ entfernt liegen.

Bei der Anwendung der Emissionsszenarien auf Innerorts-Immissionen ist zu berücksichtigen, dass sich solche Maßnahmen, abgesehen vom natürlichen Trend lediglich auf die Kfz-bedingten Zusatzbelastungen auswirken. Vor allem bei Partikeln

¹² <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/dieselfahrzeuge.htm> (Letzte Aktualisierung: 14.11.2003)



(Feinstaub) kann die Vorbelastung aus anderen Quellbereichen (Reibbelag- und Fahrbahnabrieb, Wiederaufwirbelung, sonstige Quellen) erheblich sein.

6.4 Zusammenstellung möglicher Maßnahmen

Mögliche Maßnahmen zur Verringerung der verkehrsbedingten Schadstoffbelastung sind auf der Grundlage des Materialienbandes „Lufthygienische Wirksamkeit möglicher verkehrlicher Maßnahmen im Vollzug des § 40(2) BImSchG“ (StMLU 1995) und des Entwurfs des Maßnahmenkatalogs des LAI-Ad-hoc-Arbeitskreises „Maßnahmenplanung“ in Anhang 7 zusammengestellt.

6.5 Geprüfte Maßnahmen

6.5.1 City-Logistik

Das Verkehrsaufkommen in einer Altstadt lässt sich wesentlich mit der Parkraumbewirtschaftung beeinflussen. In der Stadt Regensburg stehen vier Parkhäuser (incl. der Parkhäuser von E.ON und des Krankenhauses „Barmherzige Brüder“), fünf Tiefgaragen und sieben größere sowie diverse kleinere Parkplätze zur Verfügung. Von den größeren Parkplätzen sind die am Stadtrand gelegenen am Unteren Wöhrd (Nibelungenbrücke, P+R), am Dultplatz (P+R) und am Protzenweiher kostenfrei. Das Parkticket für den P+R-Platz West ist zugleich Busticket für den ÖPNV. Damit wird für Pendler und Besucher der Stadt ein Anreiz geschaffen, die Kraftfahrzeuge bereits am Stadtrand abzustellen und die Wege in der Stadt zu Fuß zurückzulegen oder auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen. Innerhalb der Stadt, vor allem in der Altstadt, wird das Konzept, Parkräume restriktiv zur Verfügung zu stellen, kontinuierlich weiterverfolgt.

6.5.2 Verflüssigung des Verkehrs

Das Amt für öffentliche Ordnung und Straßenverkehr hat zusammen mit der TU München und der Softwarefirma GEVAS aus München ein Forschungsprojekt zur Ermittlung optimaler Lösungen von Grünen Wellen erhalten.

Das Testgebiet umfasst 21 Lichtsignalanlagen und beinhaltet die komplette Kirchmeierstraße mit den Anschlüssen zur BAB A93, Friedenstraße, Furtmayrstraße, Universitätstraße und Galgenbergstraße. Die Fa. GEVAS und die TU München erstellen die Software, die Verkehrstechniker der Stadt Regensburg ermitteln die zur Bewertung erforderliche Zielfunktion und arbeiten für die 21 zu untersuchenden LZA alle verkehrstechnisch sinnvollen Phasenfolgen (Schaltwechsel) heraus. Das Ergebnis soll eine Koordination im Festzeitmodus sein, d.h. die verkehrsabhängigen Eingriffe und Varianten müssen dann noch ergänzt werden. Sollte sich eine bessere Lösung als die heute in der Praxis umgesetzte ergeben, werden die 21 Lichtsignalanlagen entsprechend verkehrsabhängig umprogrammiert werden. Das Forschungsprojekt soll bis Mitte 2005 abgeschlossen sein.

6.5.3 Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen

Abbildung 10 zeigt die auf 24 Stunden hochgerechneten, für das Jahr 2010 prognostizierten Verkehrsmengen (DTV-Werte), wobei sich die Situation im Straßennetz weitestgehend mit der Ist-Situation deckt.

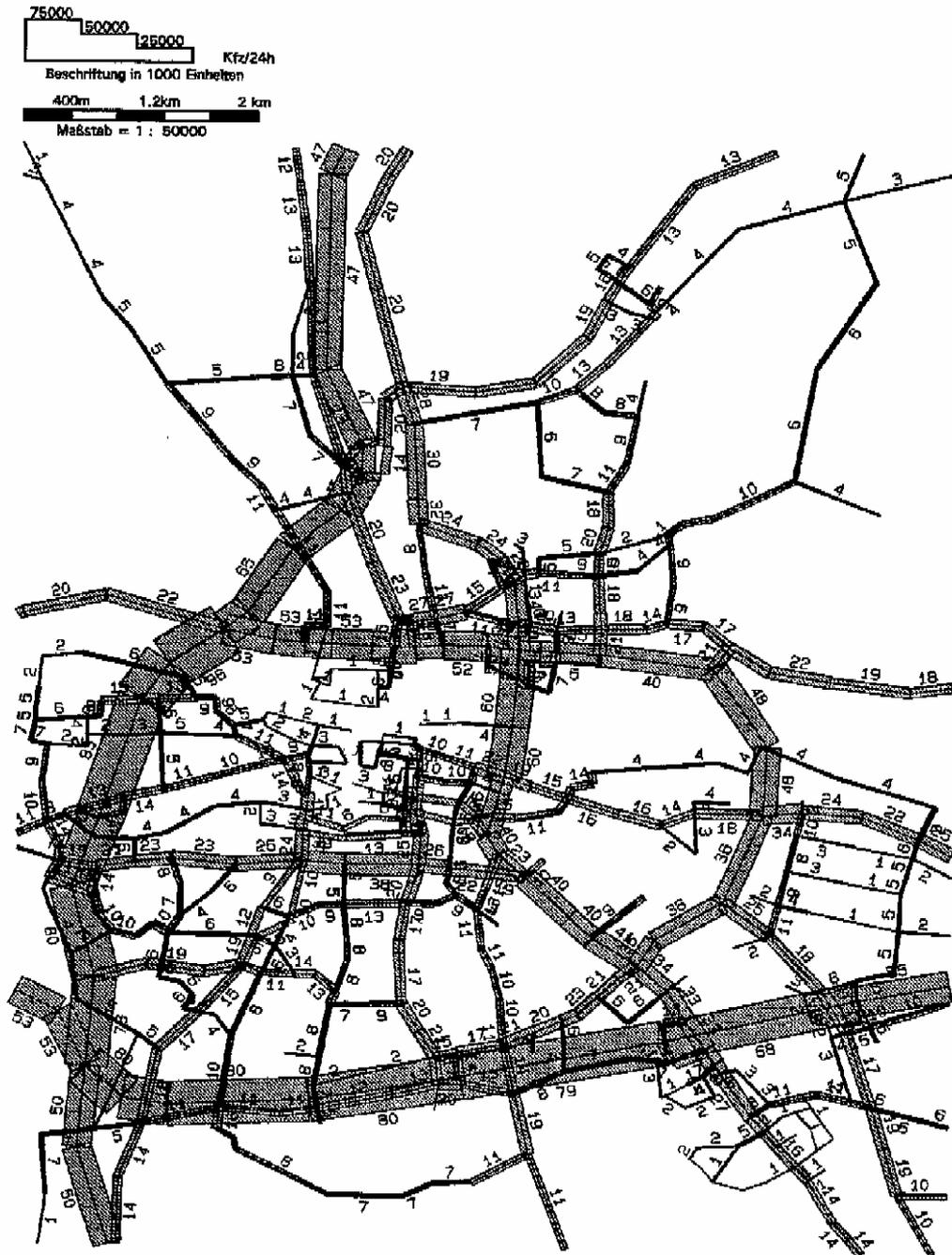


Abbildung 10: Streckenbelastungen Kfz-Verkehr Regensburg, Prognose für 2010



Mit Ausnahme der Autobahn A 93 belegen die Frankenstraße und die Nordgaustraße mit 50000 - 60000 Kfz/Tag die Spitzenplätze. Deutlich über 20.000 Kfz/24 Std. weisen u. a. auch die Kumpfmühler Brücke, die Landshuter Straße, Furtmayrstraße, Friedenstraße, Kirchmeierstraße, Walhalla-Allee und Amberger Straße auf. Wie aus Abb. 7 hervorgeht, ist hinsichtlich der Immissionsbelastung mit Feinstaub auch im Umfeld einiger dieser Straßen (v. a. Frankenstraße, Amberger Straße, Landshuter Straße) eine Verbesserung des derzeitigen Zustands anzustreben.

Es ist offenkundig, dass mit Umgehungsstraßen eine erhebliche Entlastung der Innenstadt bzw. sonstiger besonders belasteter Zonen von verkehrsbedingten Immissionen zu erreichen ist. Folgende Maßnahmen sind geplant, wobei die Realisierung derzeit allerdings unter dem Vorbehalt der angespannten Haushaltslage steht:

- Bau der Ostumgehung: Die Ostumgehung soll in Verlängerung der Osttangente in etwa parallel zur Bahnlinie zur Bundesstraße B 16 führen. Sie würde den für 2010 prognostizierten Verkehrsstrom auf der Amberger Straße um ca. 4000 Kfz/Tag und in der Walhalla-Allee ebenfalls um ca. 4000 Kfz/Tag reduzieren und damit eine entsprechende Minderung der verkehrsbedingten Feinstaubimmissionen darstellen.
- Bau der Sallerner Regenbrücke mit Anbindung der Nordgaustraße an die Autobahn-Anschlussstelle Regensburg Nord zur Entlastung der Lappersdorfer Straße und der Amberger Straße und damit als Ortsumgehung von Reinhausen und Steinweg. Sie würde den für 2010 prognostizierten Verkehrsstrom auf der Amberger Straße um ca. 15000 Kfz/Tag, auf der Lappersdorfer Straße um ca. 14000 Kfz/Tag und in der Frankenstraße im Bereich zwischen Nordgaustraße und Drehergasse um ca. 7000 Kfz/Tag reduzieren.

6.5.4 Förderung des ÖPNV

Regensburg ist ein Eisenbahnknotenpunkt mit direkten Bahnlinien in Richtung Berlin, Hannover-Hamburg, Wien-Frankfurt-Dortmund, München-Zürich-Bern, Stuttgart-Ulm, Prag und Budapest.

70 Buslinien befördern bei einer Linienlänge von 2.050 km mit 297 Bussen 31,8 Mio. Personen (Stand: 2003). Zu den ca. 370 km Straßen im Stadtgebiet kommen 130 km Geh- und Radwege. Der Regensburger Verkehrsverbund (RVV) hat seit seiner Gründung 1981 Assoziierungsverträge mit der DB AG sowie den Landkreisen Cham, Kelheim, Neumarkt und Schwandorf abgeschlossen. Voraussetzung für einen attraktiven öffentlichen Personennahverkehr sind Schnelligkeit, Bequemlichkeit und Zuverlässigkeit. Um die Attraktivität des ÖPNV in Regensburg zu steigern, sollen folgende Maßnahmen umgesetzt werden:



- Neubau von Bahnhaltedpunkten in Burgweinting bis Ende 2005 und an der Donaustauffer Straße,
- Aufstellen eines Nahverkehrsplans bis Ende 2006,
- Kontinuierliche Fortsetzung der Busbeschleunigungsmaßnahmen.

6.5.5 Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer

Der Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehr hat in Regensburg eine bedeutende Größe erreicht. Er spielt insbesondere bei den Verkehrsbeziehungen in die Innenstadt und zum Hochschulbereich eine große Rolle. Für Radfahrer und Fußgänger ist ein weitverzweigtes Wegenetz vorhanden, das auch in den nächsten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt werden soll. Folgende Maßnahmen sind vorgesehen:

- Öffnen von Einbahnstraßen in Gegenrichtung: Von der seit 1997 möglichen Öffnung von Einbahnstraßen für den Fahrrad-Gegenverkehr wurde bisher in mehr als 15 Fällen Gebrauch gemacht, um Netzzusammenhänge zu verbessern und Umwege zu vermeiden. Weitere Einbahnstraßen werden derzeit auf Eignung geprüft.
- Fahrradwegweisung: Die Entwicklung eines eigenständigen Wegweisungssystems wird als bedeutender Baustein zur Verbesserung der Infrastruktur des Radverkehrs angesehen. Ein Plan aus dem Jahr 1997 für die wegweisende Beschilderung für den Radverkehr unter Einbindung regionaler Ziele des Landkreises wird je nach verfügbaren Haushaltsmitteln Zug um Zug umgesetzt.
- Steg über den Regen vom Gries nach Weichs (Bestandteil des Bebauungsplans Holzgartenstraße).

6.5.6 Fahrbeschränkungen und Fahrverbote

Die Anordnung von Verkehrsbeschränkungen und Verkehrsverboten kommt insbesondere in Betracht, wenn und soweit entsprechende Maßnahmen der Verkehrslenkung und der Verkehrsplanung noch nicht getroffen werden konnten oder kurzfristig nicht umgesetzt werden können. Wenn in Luftreinhalteplänen die Festlegung von Maßnahmen im Straßenverkehr erforderlich ist, sind diese im Einvernehmen mit der Straßenverkehrsbehörde festzulegen. Die Entscheidung der Straßenverkehrsbehörde über das Einvernehmen erfolgt unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit in der Regel auf der Grundlage einer integrierten Verkehrsplanung unter Berücksichtigung des Schutzes der Gesundheit, der Verkehrssicherheit, der Verkehrsbedürfnisse und der städtebaulichen Belange.

Eingriffe in die Verkehrsbedürfnisse, die städtebauliche Belange und Rechte Einzelner müssen in einem angemessenen Verhältnis zu dem voraussichtlichen Rückgang der Luftverunreinigungen stehen. Je deutlicher die Überschreitung der Immissionsgrenzwerte



durch den Verkehr ist, desto stärkere Maßnahmen sind gerechtfertigt um die erforderliche Verminderung der Luftverunreinigungen zu erreichen.

Die Straßenverkehrsbehörde kann gem. § 40 Abs. 1 Satz 2 BImSchG im Einvernehmen mit der für den Immissionsschutz zuständigen Behörde Ausnahmen von Verboten oder Beschränkungen des Kraftfahrzeugverkehrs zulassen, wenn unaufschiebbare oder überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dies erfordern.

Wenn eine Entscheidung über Verkehrsbeschränkungen oder –verbote getroffen wurde, wäre es wünschenswert, wenn Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung hiervon ganz oder teilweise ausgenommen werden könnten. Die maßgebenden Kriterien und die amtliche Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge sollte gemäß § 40 Abs. 3 von der Bundesregierung festgelegt werden.

Zur Wirksamkeit derartiger Maßnahmen siehe Anhang 7.

7 Schlussbetrachtung

Der vorliegende Luftreinhalteplan analysiert die Immissionssituation in der Stadt Regensburg und zeigt entsprechend den Anforderungen der Europäischen Union Maßnahmen auf, die geeignet sind, die Luftqualität zu verbessern und insbesondere die derzeitigen Belastungen durch Feinstaub (PM₁₀) zu vermindern. Die in diesem Plan geschilderten Maßnahmen zur Verminderung der PM₁₀ – Konzentration zielen gleichzeitig ab auf die Verminderung der PM_{2,5} – Konzentration.

Die im vorliegenden Luftreinhalteplan beschriebenen Maßnahmen haben keine unververtretbaren oder unverhältnismäßigen Folgen für die Wirtschaft im Plangebiet, die Gesellschaft oder das Allgemeinwohl. Unabweisbare, rechtlich geschützte Interessen Einzelner werden durch die beschriebenen Maßnahmen nicht verletzt.

Dieser Luftreinhalteplan stellt einen ersten Schritt zur Verbesserung der Immissionssituation in den besonders betroffenen Gebieten dar. Er wird – in Abhängigkeit vom Erfolg der dargelegten Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität und der Entwicklung der Immissionswerte – fortzuschreiben sein. Wie die im Rahmen der Erstellung dieses Luftreinhalteplans durchgeführten Analysen der lufthygienischen Situation gezeigt haben, wird die PM₁₀ – Belastung in Regensburg sowohl durch den örtlichen Verkehr in den von Grenzwertüberschreitungen besonders betroffenen Straßenzügen als auch durch den gesamten städtischen Hintergrund und nicht zuletzt durch die großräumige Luftverschmutzung beeinflusst. Nach den vorliegenden Erkenntnissen wird zudem die großräumige Staubbelastung nicht nur durch direkte Staubemissionen von Verkehr und Industrie, sondern auch durch sekundäre Partikelbildung aus der Gasphase aufgrund der Vorbelastung der Atmosphäre durch gasförmige Schadstoffe wie Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Ammoniak verursacht.



Dass bei dieser Situation Maßnahmen im lokalen Bereich naturgemäß nur zu einer graduellen Verbesserung der lufthygienischen Situation beitragen und nicht alle Probleme lösen können muss realistisch gesehen werden. Zu einer weitergehenden und großräumigen Verbesserung der Luftqualität müssen daher die Emissionen aller Emittentengruppen weiter vermindert werden. Hier sind der Bundesgesetzgeber und nicht zuletzt auch die Europäische Union in der Pflicht.

Neben der weiteren Senkung der Emissionen aus stationären Anlagen, die in Deutschland insbesondere durch die Novelle der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft mit ihren spezifischen Altanlagenregelungen zum Teil bereits eingeleitet ist und vollzogen wird müssen vor allem die Emissionen aus dem Kfz – Bereich und hier schwerpunktmäßig die Partikelemissionen von Dieselfahrzeugen im privaten und gewerblichen Bereich vermindert werden. Nur durch das Zusammenwirken einer Vielzahl von Maßnahmen auf internationaler, nationaler, regionaler und lokaler Ebene kann eine nachhaltige Lösung der lufthygienischen Probleme in den Städten erreicht werden.

Allgemeine Informationen zu Feinstaub

1. Begriffsbestimmungen

Die EG-Luftqualitätsrahmenrichtlinie (Richtlinie 1996/62/EG des Rates vom 27.09.1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität) und ihre Tochterrichtlinien über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft bzw. über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.04.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1. Tochterrichtlinie) sowie Richtlinie 2000/69/EG des Rates und des Europäischen Parlaments vom 16.11.2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (2. Tochterrichtlinie)) sind als Siebte Novelle des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (in Kraft getreten am 18.09.2002) sowie als Novelle der 22. Verordnung zum BImSchG (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV, Inkrafttreten am 18.09.2002) in deutsches Recht umgesetzt worden. Sie setzen unter anderem Höchstwerte für die Immissionskonzentration bei Feinstaub (PM 10) zum Schutz der menschlichen Gesundheit.

Unter dem Begriff „PM 10“ werden Aerosolpartikel mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm zusammengefasst (Particulate Matter < 10 µm; 1 µm = 1/1000 mm). Hierbei handelt es sich um inhalierbaren Schwebstaub, der auch die als Feinstaub („PM 2.5“) und Ultrafeinstaub („PM 0.1“) bezeichneten Fraktionen umfasst. Der alveolengängige Anteil des Schwebstaubs besteht zu 70 % aus Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser von < 5 µm. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Größenverteilung typischer Partikel in der Atemluft:

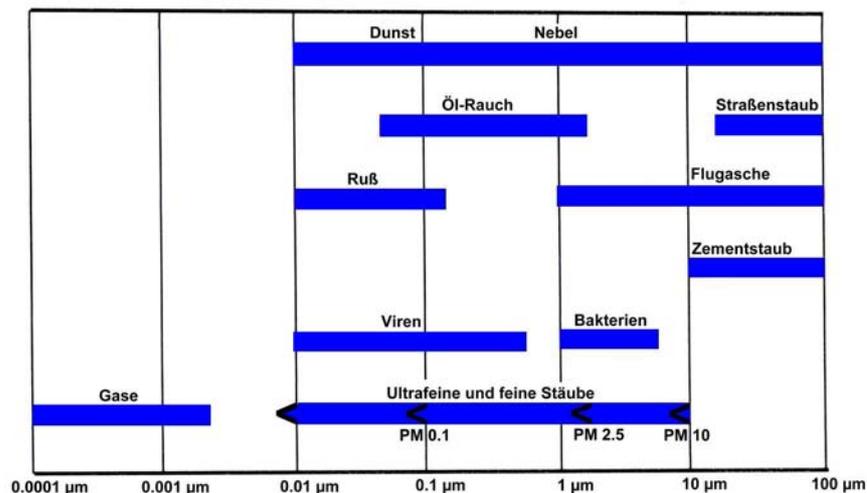


Abbildung 1: Größenverteilung typischer Partikel in der Atemluft.



2. Herkunft, Eintrag in die Umwelt

Fein- und Ultrafeinstäube in der Außenluft entstehen primär bei Industrieprozessen, Verbrennungsprozessen (Kraftwerke, Industrie, Gewerbe und Hausbrand) und im Straßenverkehr. Weitere, sekundäre, Quellen sind partikelbildende Gasreaktionen in der Atmosphäre, wie z. B. die Bildung von Ammoniumnitrat (NH_4NO_3) oder Ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) aus Ammoniak (NH_3), das in großem Umfang von landwirtschaftlichen Betrieben freigesetzt wird. Hinzu kommen Staubaufwirbelungen vom Boden, aber auch natürliche Quellen, wie z. B. Pollen oder Saharastaub. Vor allem ultrafeine Partikel sind überwiegend anthropogener Natur. Interessanterweise sind die Konzentrationen ultrafeiner Partikel in der Umgebungsluft in den letzten Jahren angestiegen, obwohl die Staubemissionen deutlich zurückgegangen sind. In folgender Tabelle sind die wichtigsten primären anthropogenen Quellen für Schwebstaub zusammengefasst:

Schwebstaub Bezeichnung	Durchmesser	Anthrop. Quelle, Außenluft	Anthrop. Quelle, Innenraumluft
Gesamtschwebstaub (TSP = Total Suspended Matter)	< 35 µm	Aufwirbelungen Industrieabgase Hausbrand Verkehr	Aufwirbelungen Staubsaugen Kochen Rauchen
Inhalierbarer Schwebstaub (PM 10)	< 10 µm	Aufwirbelungen Industrieabgase Hausbrand Verkehr	Aufwirbelungen Staubsaugen Kochen Rauchen
Lungengängiger Schwebstaub (PM 2.5)	< 2.5 µm	Industrieabgase Hausbrand Verkehr	Staubsaugen Kochen Rauchen
Ultrafeine Partikel (PM 0.1)	< 0.1 µm	Industrieabgase Hausbrand Verkehr	Kochen Rauchen

Tabelle 1: Schwebstaub und seine primären anthropogenen Quellen

3. Wirkungen

Die physiologische Wirkung eingeatmeter Partikel hängt neben der chemischen Zusammensetzung auch wesentlich von deren Deposition in den Atemwegen ab. Schwebstäube bis zu einem Durchmesser von ca. 10 µm werden weitgehend im Nasen-Rachen-Raum zurückgehalten, gelangen also nicht in die Lunge. Partikel im Größenbereich zwischen 10 und 5 µm werden im tracheobronchialen Bereich abgelagert und können zu einem gewissen Anteil durch den hier existierenden mucoziliären



Selbstreinigungsmechanismus der Lunge wieder eliminiert werden. Teilchen mit Durchmessern unter 5 µm gelangen bis in die feinen Lungenbläschen, die Alveolen. Dort lagern sich vor allem ultrafeine Partikel ab mit zum Teil erheblicher Verweildauer und damit auch Einwirkzeit.

Generell führt die Einwirkung von Feinstaub zu einer Beanspruchung des Reinigungsmechanismus der Atemwege und über die Irritation der Schleimhaut zur Induktion entzündlicher Prozesse im akuten und chronischen Bereich. Auch als chemisch inert oder wenig toxisch eingestufte Stäube sind in der Lage, entzündliche Prozesse auszulösen. Lösliche Partikel können außerdem die Zellwände von Bronchien und Alveolen durchdringen, in die Blutbahn gelangen und dadurch systemische Wirkung entfalten. Ultrafeine Partikel stellen ein Vehikel für den Transport toxischer Substanzen in das Lungengewebe dar. Die von feinen und ultrafeinen Partikeln möglicherweise ausgelösten Auswirkungen auf die Gesundheit beschränken sich deshalb nicht auf Atemwegserkrankungen - auch das Herz-Kreislauf-System kann betroffen sein.



Das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB)

1. Allgemeines

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz betreibt seit 1974 das Lufthygienische Landes-Überwachungssystem Bayern (LÜB).

Das kontinuierlich arbeitende, computergesteuerte Messnetz umfasst derzeit insgesamt 53 Messstationen (siehe anliegende LÜB-Karte Messstationen). Im Rahmen der EU-konformen Umstrukturierung des Messnetzes sind weitere 5 Stationen in Vorbereitung.

2. Aufgabenstellung

Die LÜB-Messstationen befinden sich vorrangig in den ausgewiesenen Untersuchungsgebieten (ehemals Belastungsgebieten) und damit in Industrie- und Siedlungsschwerpunkten, aber auch in industriefernen Gebieten.

Es bestehen folgende Aufgabenschwerpunkte:

- Ermittlung von regionalen und lokalen Immissionsbelastungen,
- Früherkennung von angehobenen Immissionskonzentrationen bei länger anhaltenden austauscharmen Wetterlagen,
- Vollzug der 22. BImSchV (Ozon-Information)
- Erfassung der grenzüberschreitenden Schadstoffverfrachtung,
- Trendbeobachtungen und Bereitstellung von Immissionsdaten für Grundsatzuntersuchungen, für landesplanerische Zwecke etc.
- Sondermessungen.

3. Technische Konzeption

3.1 Struktur

Jede Messstation ist mit einem Messstationsrechner (MSR) ausgestattet und mit dem Zentralrechner in Augsburg mit Wählverbindungen über das öffentliche Fernsprechnet verbunden.

Der Zentralrechner der Messnetzzentrale ruft im Regelfall die Messwerte jeder Messstation 6 mal pro Tag automatisch ab, in den Nachmittagsstunden des Sommerhalbjahres werden darüber hinaus die Messdaten stündlich abgerufen.



Der Rechner in der Messstation erkennt erhöhte Schadstoff-Konzentrationen durch vorgegebene Schwellwerte selbst und leitet in diesen Fällen die Messwerte unmittelbar an die Messnetzzentrale weiter, so dass bei kritischen Situationen das Betriebs- bzw. Bereitschaftspersonal ohne Verzögerungen und zu jeder Tages- und Nachtzeit unterrichtet wird.

3.2 Messkomponenten

In den Messstationen werden folgende Luftschadstoffe automatisch erfasst:

- Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Stickstoffoxide (NO_x - Stickstoffmonoxid - NO und Stickstoffdioxid -NO₂),
- Summe der Kohlenwasserstoffe ohne Methan (C_nH_m-o),
- Einzelkohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, o-Xylol (BTX)
- Ozon (O₃),
- Schwefelwasserstoff (H₂S),
- Feinstaub-PM₁₀ (≤ 10 µm)
- Schwebstaub (≤ 70 µm)

Die Einzelkenndaten der eingesetzten Messgeräte können der Tabelle 1 „LÜB-Messkomponenten“ entnommen werden.

Die Filterbänder der Staub-Messgeräte einiger Messstationen werden auf Schwermetalle (vor allem auf Blei) und auf Radioaktivität analysiert.

Außerdem wird an ausgewählten Standorten Staubniederschlag nach der Methode Bergerhoff gemäß Richtlinie VDI-2119 Blatt 2 gesammelt und in den Labors u.a. auf Schwermetalle untersucht.

Daneben werden in jeder Region die für die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre wesentlichen meteorologischen Parameter, wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchte, Intensität der Sonnenstrahlung und Luftdruck gemessen. Die jeweilige Messgeräteausstattung der Messstationen richtet sich nach den örtlichen Immissionsverhältnissen.

Die Einrichtungen des LÜB werden außerdem für die flächenmäßige Erfassung der Radioaktivität in Bayern, das Immissionsmesssystem für Radioaktivität (IfR), verwendet. Die Messgeräte zur Bestimmung der Luftschadstoffe sind an den automatischen Betrieb angepasst und enthalten neben dem Analysator vor allem Fühler für die Zustandsüberwachung der Messgeräte sowie Prüfgaseinrichtungen für die im Zyklus von 23 Stunden automatisch gesteuerte Kalibrierung. Eine Steuerung der Messgeräte ist vor Ort und von der Zentrale aus möglich.



Messkomponente	Messprinzip	Messbereich	Nachweisgrenze	Hersteller	Typ
Schwefeldioxid (SO ₂)	UV-Fluoreszenz	0...1,4 mg/m ³	0,003 mg/m ³	Monitor Labs	ML 8850 M
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	UV-Fluoreszenz	0...0,76 mg/m ³	0,001 mg/m ³	MLU	Modell 101A
Kohlenmonoxid (CO)	IR-Absorption	0..120 mg/m ³	0,2 mg/m ³	HORIBA	APMA-300E
		0..060 mg/m ³	0,1 mg/m ³	HORIBA	APMA- 360
	Gasfilterkorrelation	0...60 mg/m ³	0,2 mg/m ³	Monitor Labs	ML 8830
	Gasfilterkorrelation	0...60 mg/m ³	0,2 mg/m ³	MLU	Modell 300A
Stickstoffmonoxid (NO)	Chemilumineszenz	0...1,35 mg/m ³	0,001 mg/m ³	ECO PHYSICS	CLD 700 AL
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Chemilumineszenz	0...2,0 mg/m ³	0,002 mg/m ³	ECO PHYSICS	CLD 700 AL
Ozon (O ₃)	UV-Absorption	0...1,0 mg/m ³	0,004 mg/m ³	Thermo Instruments	TE 49
	UV-Absorption	0...1,0 mg/m ³	0,003 mg/m ³	MLU	Modell 400
Gesamtkohlenwasserstoffe ohne Methan (C _n H _m -O)	FID mit Trennsäule	0...5,35 mg/m ³	0,05 mg/m ³	HORIBA	APHA-350E
Einzelkohlenwasserstoffe Benzol Toluol o-Xylol	Thermodesorption mit Kapillargaschromatographie	0...0,10 mg/m ³ 0...0,30 mg/m ³ 0...0,10 mg/m ³	0,0001 mg/m ³ 0,0001 mg/m ³ 0,0001 mg/m ³	Siemens	U 102 BTX
Feinstaub-PM ₁₀	β-Absorption	0...1,0 mg/m ³	0,005 mg/m ³	ESM-Andersen	FH 62 I-N
	β-Absorption	0...1,0 mg/m ³	0,002 mg/m ³	ESM-Andersen	FH 62 I-R
	Gravimetrie (High Volume Sampler)		0,001 mg/m ³	DIGITAL	DA-80 H
	Gravimetrie (Low Volume Sampler)		0,005 mg/m ³	Leckel	SEQ47/50
Windrichtung	Windfahne	0..360 Grad		Thies	4.3324.21.000
Windgeschwindigkeit	Schalenkreuz	0,5...35 m/s			
Lufttemperatur	Platinwiderstand	-30..+50°C		Thies	1.1005.51.015
Luftfeuchte	Haarhygrometer	10...100 %			
Luftdruck	Dosenbarometer	950..1050 hPa		Thies	3.1150.10.015
Globalstrahlung	Thermospannung	0..0,2 W/cm ²		Kipp&Zonen	UM 5

Tabelle 1: LÜB-Messkomponenten



3.3 Messkabine und Probenahmesystem

Im LÜB werden vorrangig Messkabinen mit den Maßen L = 3,5 m, B = 2,9 m, H = 2,9 m aus Betonplatten mit PU-Schaum als Wärmeisolierung verwendet. Für die Verkehrsstationen werden begehbare und nicht begehbare Metallcontainer mit den Maßen L = 1,8 m, B = 1 m, H = 2,25 m bzw. L = 1,5 m, B = 0,9 m, H = 1,4 m eingesetzt. Sämtliche Messstationen sind mit Klimageräten ausgestattet und werden mit einer Innentemperatur von $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$ betrieben. Die zu analysierende Außenluft wird zur Analyse gasförmiger Stoffe 1 m, zur Messung von Schwebstaub bzw. Feinstaub-PM₁₀ 1,5 m über dem Dach der Messstation angesaugt; damit wird eine ungestörte Luftprobenahme für alle Windrichtungen gewährleistet. Die Luftprobe wird in der Messstation auf die verschiedenen Analysengeräte verteilt. Für die Probeluftleitungen werden inerte Materialien verwendet, wie Borosilikatglas oder Teflon bzw. Edelstahl bei der Kohlenwasserstoff- und Staubmessung.

3.4 Messstationsrechner

Der Messstationsrechner muss die Analytoren in der Messstation steuern, ihre Messdaten erfassen, verarbeiten und speichern sowie die Datenfernübertragung abwickeln. Im LÜB wird ein leistungsfähiges, sehr ausfallsicheres und kompaktes Industrie-Prozessorsystem eingesetzt. Die wichtigen Bereiche, wie Programme und Messnetzparameter, sind in Festwertspeichern abgespeichert, um einen sicheren Betrieb bei Netzstörungen, bei Gewittern, bei Spannungsausfällen etc. zu gewährleisten. Das Wartungspersonal hat vor Ort die Möglichkeit, über eine vereinfachte Bedieneinheit oder ein Bedienterminal den Messstationsrechner zu steuern und Messstations- sowie Messgeräteinformationen abzurufen.

3.5 Messnetzzentrale

Die Aufgabe der Steuerung und Funktionskontrolle des gesamten Messnetzes übernimmt der Zentralrechner der Messnetzzentrale. Dieser führt u.a. die automatischen Datenabrufe, die Verarbeitung und Speicherung der Messwerte und die Aufbereitung der Messwerte für die Anwender durch. Außerdem werden die angeschlossenen Systeme, wie z.B. das Videotext-System des Bayerischen Fernsehens (Tafeln 630 bis 636), das Internet (<http://www.bayern.de/lfu/luft/>) und der bundesweite Datenverbund, bedient und die Datenübermittlung an das Auswertesystem mit Langzeitdatenhaltung durchgeführt. Von ausgewählten Messstationen werden im Sommerhalbjahr die Ozonkonzentrationen sowie deren Vorläufersubstanzen in die Ozonprognose eingebunden und die Ozonvorhersage über die Medien Internet und Videotext ebenfalls veröffentlicht.

Zur rechtzeitigen Erkennung von bedeutsamen Immissionssituationen wurde an die Messnetzzentrale ein automatischer Alarmmelder gekoppelt, der im Bedarfsfall das Betriebs- bzw. das Bereitschaftspersonal zu jeder Tages- und Nachtzeit alarmiert.



Die Zentrale wird gemeinsam mit dem Kernreaktorfernüberwachungssystem Bayern (KFÜ) betrieben.

4. Umstrukturierung des LÜB

Die Umsetzung der EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG und der Tochterrichtlinien 1999/30/EG, 2000/69/EG und 2002/3/EG in die 22. BImSchV erfordert eine Anpassung bezüglich der Lage und der Bestückung eines Teils der LÜB-Messstationen. Wesentliche Merkmale sind hierfür

- neue Standortkriterien, z.B. für Verkehrs- und Hintergrundmessstellen,
- neue Komponenten, z.B. Benzol, PM₁₀,
- Reduzierung von Messgeräten im Hinblick auf den Rückgang der Immissionsbelastung, bei SO₂ und CO.

In der folgenden Tabelle sind die Änderungen im Messnetz dargestellt.

Standortkriterien	Stand 2002	Stand 2003/04		
		beibehalten	verlagern	neu
Stadtgebiet	27	14	8	
Städt. Randgebiet	13	7		
Industrienah	8	6		
Verkehrsnah	12	10		8
Ländliches Gebiet	4	4		1
Summen	64	58		

Tabelle 2: Bisheriges und neues LÜB-Messnetz

Die Umstrukturierung des Messnetzes soll bis 2004 abgeschlossen sein. Sie wird in engem Kontakt mit den betroffenen Kreisverwaltungsbehörden vorgenommen.



Zusammenhänge zwischen Ruß(EC)- und PM₁₀-Messwerten

Aus vergleichenden Ruß (EC)- und PM₁₀ -Messungen, welche in München und Berlin durchgeführt worden sind, lässt sich ein halb-quantitativer Bezug ableiten.

Als Beispiel hierfür ist in Abbildung1 eine Gegenüberstellung von Mittelwerten aus zwei bayerischen und vier Berliner Messprogrammen aufgezeigt. Dabei enthalten die bayerischen Messserien Ergebnisse sowohl verkehrsnaher, als auch verkehrsferner Messungen. Die linearen Regressionen der bayerischen und Berliner Messergebnisse weisen vergleichbare Steigungen auf.

Aus den Messergebnissen lässt sich gut erkennen, dass bei Erreichen oder Überschreitung eines Jahresmittelwertes für Ruß von 8 µg/m³ (Konzentrationswert der 23. BImSchV) die für 2002 geltende Summe aus Grenzwert +Toleranzmarge der 22. BImSchV von 44,8 µg/m³ mit einiger Sicherheit überschritten ist. Auch der vereinfachend für die Beziehung PM₁₀/EC verwendete Faktor von c(PM₁₀)= 6·c(EC) bestätigt sich für den in Verkehrsnähe häufig anzutreffenden PM₁₀-Konzentrationsbereich von 30-50 µg/m³.

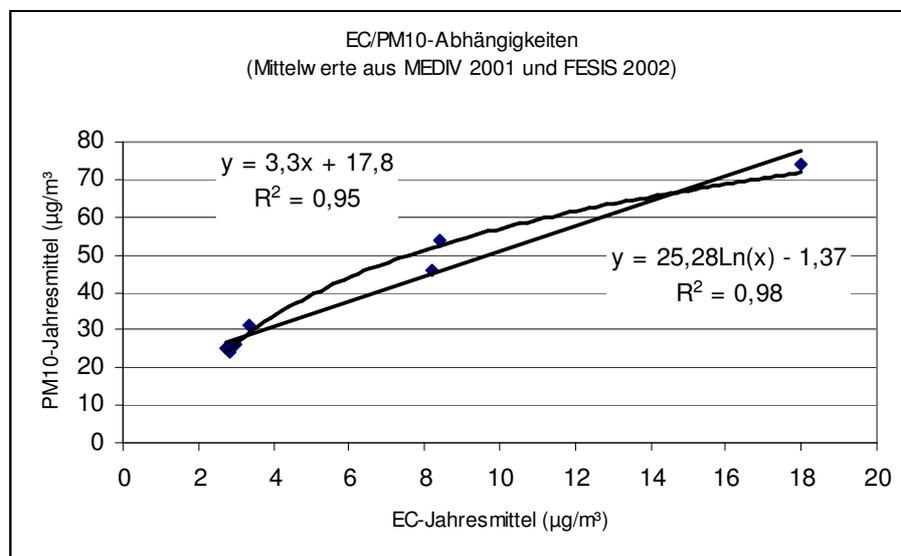
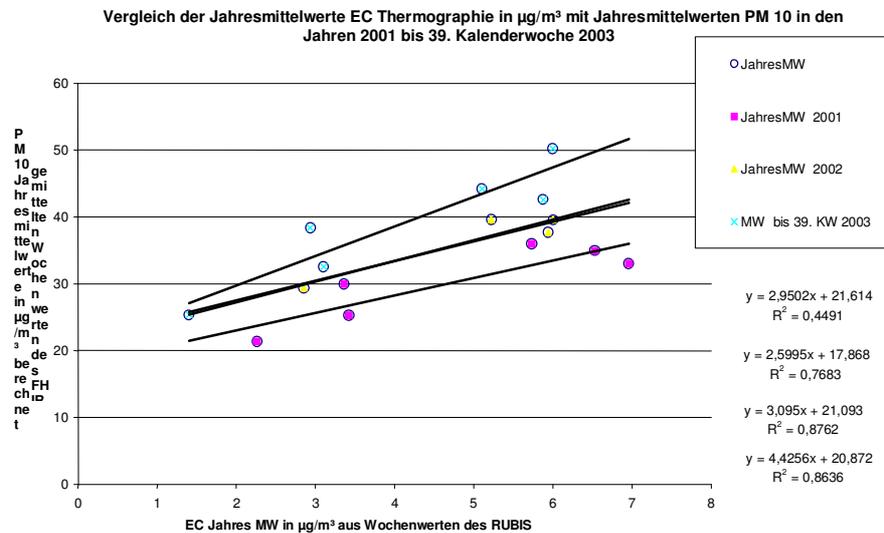


Abbildung 1: EC-PM₁₀-Verhältnisse aus zwei bayerischen (oben) und vier Berliner (unten, folgende Seite) Messprogrammen.



Aus Abbildung 2 (nächste Seite), welche eine Zusammenstellung von PM_{10} -Jahresmitteln und Überschreitungshäufigkeiten verschiedener, nach der 22. BImSchV festgelegter Grenzwert + Toleranzmarge - Summen enthält, lässt sich aussagen, dass bei einem PM_{10} -Jahresmittel von $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entsprechend etwa einem Ruß-Jahresmittel von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) eine Überschreitungshäufigkeit von 35mal/Jahr für die für 2002 geltende Summe aus PM_{10} -Grenzwert und Toleranzmarge für das Tagesmittel von $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht ist, bei einem PM_{10} -Jahresmittel von etwa $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entsprechend einem Ruß-Mittelwert von $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) die zulässige Überschreitungshäufigkeit für die 2003 geltende Summe aus PM_{10} -Grenzwert und Toleranzmarge von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und bei einem PM_{10} -Jahresmittel von etwa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entspr. ca $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ EC) die ab 2005 zulässige Überschreitungshäufigkeit eines PM_{10} -Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr.

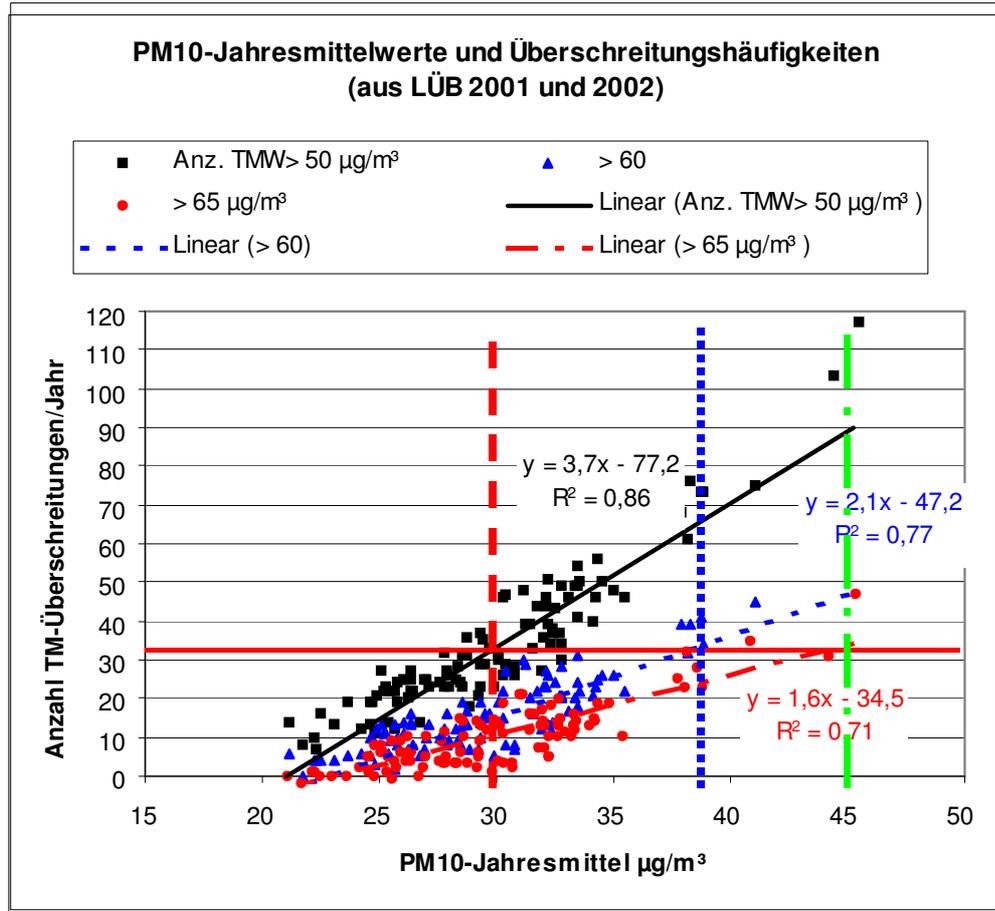


Abbildung 2: PM₁₀-Jahresmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten verschiedener Grenzwert + Toleranzmarge - Summen



Auszüge aus den Leistungsbeschreibungen des LfU für Screening-Messungen von Stickstoffdioxid, Benzol, Toluol und Xylolen und Ruß sowie Schwebstaub bzw. Feinstaub-PM₁₀ an verkehrsbelasteten Punkten

1. Allgemeines

Im Vollzug des § 40 BImSchG, der 22. und 23. BImSchV im Zusammenhang mit Schadstoffbelastungen durch Kraftfahrzeuge sollen in innerstädtischen Bereichen mit hoher Verkehrsdichte Messungen der kanzerogenen Luftschadstoffkomponenten Stickstoffdioxid (NO₂), Benzol, Toluol und Xylole und Ruß sowie Schwebstaub bzw. Feinstaub-PM₁₀ durchgeführt werden.

2. Messorte

Verkehrsbedingte Immissionen sind in bayerischen Kommunen problemorientiert an Messpunkten zu bestimmen, deren Lage vom LfU vorgegeben wird. Die Einrichtung der Messstellen soll gemäß der 22. und 23. BImSchV folgenden Gesichtspunkten genügen: Der Probenahmeort soll mindestens 25 m Abstand von großen Kreuzungen entfernt sein, in mindestens 1 m Abstand von Gebäuden und in einer Höhe zwischen 1,5 m und 3,5 m liegen, wobei der diagonale Abstand zum Quellbereich (Mitte der zum Probenahmeort nächstgelegenen Fahrspur) dabei mindestens 4 m und höchstens 5 m betragen soll. Dabei wird eine Position der Messstelle in größerer Höhe ($\geq 2,5$ m) bevorzugt, um Manipulation, Beschädigung oder Zerstörung der Messeinrichtungen zu verhindern. Für die Messorte sollen in Zusammenarbeit mit den beteiligten Kommunen Stromanschlüsse aus privaten oder öffentlichen Verteilernetzen bereitgestellt werden. Die Kosten für Installation und Stromverbrauch *sind Bestandteil* der vom Auftragnehmer zu erbringenden Leistung. Soweit erforderlich sind für den Schutz bzw. für die Aufstellung der Messeinrichtungen von Seiten des beauftragten Messinstituts Schutzgitter und/oder Gerüste vorzusehen.

3. Komponenten, Analytik und Messstrategie

In der 22. und 23. BImSchV sind für Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub-PM₁₀, Benzol und Ruß Grenz- bzw. Konzentrationswerte u.a. auf der Basis von Jahresmittelwerten und 98-Perzentilen festgelegt.

3.1 Benzol

Zur Messung von Benzol sollen an den Messstellen Passivsammelverfahren z.B. mit ORSA-Röhrchen der Fa. Dräger, Lübeck, auf der Basis von Monatsproben gewählt werden. Die Auswertung soll jedoch nicht nach der von der Fa. Dräger, sondern nach der u.g.,



vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen erarbeiteten, Formel¹³ (Gl. 1 und 2) erfolgen. Neben der Komponente Benzol ist bei allen Messungen sowohl Toluol als auch die Summe aus o-, m- und p-Xylol mitzubestimmen, um evtl. Fremdeinflüsse (z.B. Industrie) auf die Immission erkennen zu können.

$$c' = \frac{1}{t} \cdot \left(\frac{m}{a} \right)^{\frac{1}{x}} \quad [ppm] \quad (\text{Gl. 1})$$

und

$$c = c' \cdot \frac{M_G \cdot 1000}{V_G} \quad [\mu g / m^3] \quad (\text{Gl. 2})$$

mit

c': Konzentration des KW in ppm

c: Konzentration des KW in $\mu g / m^3$ bez. auf 293 K und 1013 hPa

t: Expositionszeit in Stunden

m: adsorbierte Stoffmenge in μg

M_G : Molekulargewicht des KW

V_G : = 24,06 Molvolumen bei 293 K

a, x: Korrelationskoeffizienten nach LUA NRW gemäß folgender Tabelle:

KW	M_G	a	x
Benzol	78	1,460	0,897
Toluol	92	1,708	0,920
Ethylbenzol	106	1,599	0,773
p, m - Xylol	106	1,629	0,859
o - Xylol	106	1,364	0,913

¹³ Pfeffer, H.-U., Breuer, L., Ellermann, K.: Validierung von Passivsammlern für Immissionsmessungen von Kohlenwasserstoffen, Materialien Nr. 46 des Landesumweltamtes Nordrhein - Westfalen, 1998



3.2 Stickstoffdioxid

Zur Messung von Stickstoffdioxid sollen an allen Messstellen Passivsammlerverfahren auf der Basis von Monatsproben gewählt werden. Als Passivsammler sind modifizierte Palmes-Röhrchen (mit Turbulenzsperre) zu verwenden.

Passivsammler:	Typ PALMES – Röhrchen aus Plexiglas (Polyacrylat) Geometrie: Plexiglasrohlänge: 75 mm Innendurchmesser: Ø 9 mm 3 Edelstahlnetze Ø 9,5 mm 2 Abschlusskappen, davon eine mit ausgestanztem Loch von Ø 9 mm und eingelegtem Quarzfaserfilter als Turbulenzsperre eff. Diffusionsquerschnitt: 0,743 cm ² Diffusionsstrecke: 82 mm Diffusionsbarriere: Quarzfaserfilter
Vorbereitung der Sammler:	in Chromschwefelsäure gereinigte Edelstahl-Drahtnetze werden mit einer Lösung aus 1 Teil Triethanolamin und 7 Teilen Aceton getränkt und zum Trocknen auf Filterpapier ausgelegt.
Analyse:	Benetzung der Drahtnetze mit 2,1 ml Kombinationsreagenz, dabei entsteht eine rosa bis rot gefärbte Lösung
Kombinationsreagenz:	1 Teil Sulfanilamidreagenz 1 Teil bidest. Wasser 1/10 Teil N-1-Naphthylethylen-diamin-di-hydrochlorid (NEDA)
Fotometer:	Wellenlänge: 535 nm
Standard	Natriumnitrit
Blindwertkontrolle:	Gleiche Behandlung wie Probenahmeröhrchen, verschlossene Aufbewahrung in der Transportbox, anschließend analoge Auswertung wie beaufschlagte Sammler
Auswertung:	nach Fick'schem Gesetz unter Berücksichtigung der Röhrchenabmessungen, der mittleren Außenlufttemperatur während der Probenahme und Bezug des Ergebnisses auf 293 K und 1013 hPa. Folgender Diffusionskoeffizient soll verwendet werden (bez. auf 21,1 °C / 1013 hPa) : NO ₂ δ = 0,154 cm ² /s Zur Berechnung des 98%-Wertes für Stickstoffdioxid soll die Formel 98% Wert = 3,6537 · MW ^{0,8437} verwendet werden



3.3 Ruß, Schwebstaub bzw. PM10

Messungen 1994-1999: Die Bestimmung der Jahresmittelwerte von Ruß und Schwebstaub soll nach VDI-Richtlinie 2465, Blatt 1, aus monatlichen Luftproben erfolgen. Im Einzelnen ist dabei wie folgt vorzugehen:

Messungen ab 2000: Die Bestimmung von Ruß und Feinstaub-PM₁₀ soll über Probenahmen mit einem Vorabscheider nach EN 12341 nach folgenden Vorgaben durchgeführt werden:

3.3.1 Probenahme

Messungen 1994-1999: Bei der Probenahme können Filterhalter-Systeme verwendet werden, die den Feinstaub erfassen und gröbere Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser $\geq 70 \mu\text{m}$ durch Vorabscheider überwiegend aus der Probenluft entfernen. Geeignet sind z.B. das Kleinfltergerät GS 050/3-C (VDI RL 2463, Bl.7). Anstelle von 24-Stundenproben werden jedoch mit einem reduzierten Pumpenvolumen von ca. 100 l/h 30(± 2) Tagesproben gezogen. Die Regelgenauigkeit des Pumpenvolumens soll $< 5 \%$ sein. Das reduzierte Probevolumen bewirkt eine der Vorschrift der 23. BImSchV angenäherte PM10-Probenahme.

Optional kann natürlich auch eine vorschriftgetreue PM10-Probenahme erfolgen, wobei allerdings wiederum von Monatsproben auszugehen ist.

Zur Abscheidung des Feinstaubes werden bindemittelfreie Glasfaserfilter oder besser Quarzfaserfilter (Durchmesser = 47 - 50 mm) verwendet. Vor der Probenahme werden diese bei 500 °C über 4 Stunden geglüht, um Reste organischer Verbindungen zu entfernen. Nach dem Glühen sollen die Filter 24 Stunden im Exsikkator über Silicagel aufbewahrt werden. Für jede Probenahme werden zwei Glasfaserfilter zusammen gewogen und anschließend hintereinander in den Filterhalter des Probenahmegerätes gelegt (Außenluftfilter und Back-up-Filter), um auch beim Durchbruch des Außenluftfilters eine korrekte Messung zu gewährleisten. Die Probenahmedauer beträgt 30 ± 2 Tage. Zur Bestimmung der Kohlenstoffkonzentration wird die Summe aus den Kohlenstoffgehalten der Einzelfilter herangezogen.

Messungen ab 2000: Bei der Probenahme sind Systeme zu verwenden, die den Feinstaub erfassen und gröbere Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser $>10\mu\text{m}$ durch einen Vorabscheider gemäß EN 12341 überwiegend aus der Probenluft entfernen. Geeignete Vorabscheider können bei Bedarf vom LfU leihweise zur Verfügung gestellt werden. Als Probenpumpe sind z.B. Mini-Volume-Sampler mit einem Pumpenvolumen von ca. 100 l/h geeignet. Die Regelgenauigkeit des Pumpenvolumens soll $< 5 \%$ sein.

Zur Abscheidung des Feinstaubes werden bindemittelfreie Glasfaserfilter oder besser Quarzfaserfilter verwendet. Vor der Probenahme sollten diese bei 500 °C über 4 Stunden



geglüht werden, um Reste organischer Verbindungen zu entfernen. Bei entsprechend niedrigen C-Blindwerten kann ggf. auf das vorherige Glühen verzichtet werden (vgl. auch 3.3.6). Nach dem Glühen sollen die Filter 24 h in einem klimatisierten Raum bei 20 °C und 40 % rel. Luftfeuchte konditioniert werden (s. 3.3.2). Die Probenahmedauer beträgt 30 ± 2 Tage. Die Bestimmung der Rußkonzentration erfolgt nach der 23. BImSchV Anhang II nach folgendem Verfahren (3.3.2-3.3.5):

3.3.2 Konditionierung und Bestimmung des Staubgehalts der Filter

Vor der Bestäubung sind die Filter mit einer ausreichenden Anzahl Blindfilter (≥ 10 % der zu bestaubenden Filter) in einem klimatisierten Raum 24 h bei 20 °C und 40 % rel. Luftfeuchte zu konditionieren und anschließend zu wiegen. Die Blindfilter sind ebenso wie die zu bestaubenden Filter in die dafür vorgesehenen Probenahme-Halterungen einzusetzen und während der Probenahmezeit in einer staubgeschützten Kassette aufzubewahren. Die mit Staub belegten Filter sowie die Blindfilter werden wiederum 24 Stunden bei 20 °C und 40 % rel. Luftfeuchte konditioniert und anschließend zur Bestimmung der Feinstaubkonzentration bzw. der Blindwertstreuung gewogen.

3.3.3 Flüssigextraktion (Abtrennung des organischen Kohlenstoffes)

Die Filter werden zur Abtrennung des organischen Kohlenstoffes einer Flüssigextraktion unterzogen. Dazu werden sie in einer Petrischale mit Schliff (belegte Fläche des Filters nach oben) mit Hilfe einer Pipette mit 10 ml einer 50:50 Vol.-% Mischung aus Toluol und Isopropanol oder mit 10 ml Tetrahydrofuran bedeckt. Die Schale wird verschlossen und 24 Stunden bei Raumtemperatur stehen gelassen. Nach der Extraktion wird das Lösemittel aus der Schale abpipettiert. Anschließend werden die Filter während 4 Stunden im N₂-Strom und danach weitere 20 h in einem evakuierten Exsikkator getrocknet.

3.3.4 Thermodesorption

Die extrahierten und getrockneten Filter werden zur Entfernung von an der Probe anhaftenden Lösungsmittelresten und nicht extrahierbaren organischen Fraktionen einem Thermodesorptionsschritt unterzogen. Die Thermodesorption lehnt sich an die unter 3.3.5 beschriebene Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes an. Abweichend dazu wird als Trägergas N₂ der Reinheit 4.6 verwendet. Die Probe wird 1 Minute auf 200 °C und anschließend 7 Minuten auf 500 °C erhitzt.

3.3.5 Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes

Das Verfahren zur Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes ist in den VDI-Richtlinien 3481 "Messen gasförmiger Emissionen", Blatt 2 (April 1980) und 3495 "Messen gasförmiger Immissionen", Blatt 1 (September 1980) beschrieben. Die Proben werden mit dem dort festgelegten Aufbau 1 Minute auf 200 °C und 7 Minuten auf 650 °C unter O₂ der Reinheit 3.5 erhitzt. Das dabei gebildete CO₂ wird nach einer Gesamtzeit von 10 Minuten durch Titration oder mit einem kalibrierten IR-Absorptionsverfahren bestimmt.



3.3.6 Blindproben

Von jeder verwendeten Filtercharge (z.B. jeder neuen Filterpackung, jedoch mindestens 10 % der verwendeten Filterzahl) sind zur Bestimmung des durch organische oder Carbonatanteile bedingten CO₂-Anteils mindestens drei Blindanalysen nach den Schritten 3.3.1 (nur Vorbehandlung) bis 3.3.5 vorzunehmen und im Ergebnis zu berücksichtigen.

3.3.7 Auswertung

Die Ruß- und Feinstaubmessergebnisse sind auf 273 K, 1013 hPa, die Benzol-, Toluol-, Xylol- und NO₂-Ergebnisse auf 293 K, 1013 hPa zu beziehen.



Zusammenstellung von Immissionswerten

Stand: 23.01.2003

1. 22. BImSchV vom 11.09.2002, BGBl. I, S. 3622 (Umsetzung der 1. und 2. EU-Luftqualitäts-Tochter-Richtlinie); alle Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bei CO in mg/m^3 (bezogen auf 293 K und 1013 hPa, bei SS, PM_{10} und Blei auf 273 K und 1013 hPa).

Schadstoff	Schutzziel	GW	GW + TM	Mittelung	zul. ÜS/a	jährl. Abn. der TM	GW gültig	Bemerkung
SO ₂	G	500		3 x 1 Std.			ab 18.09.02	Alarmschwelle (an 3 aufeinander folgenden Std.)
	G	80		1 Jahr*			bis 31.12.04	für SS > 150 (ganzes Jahr)
	G	120		1 Jahr*			bis 31.12.04	für SS ≤ 150 (ganzes Jahr)
	G	130		WHJ*			bis 31.12.04	für SS > 200 (Winterhalbjahr)
	G	180		WHJ*			bis 31.12.04	für SS ≤ 200 (Winterhalbjahr)
	G	250		98-Perz.			bis 31.12.04	für SS > 350 (98-Perz.), aus Tagesmittelwerten gebildet
	G	350		98-Perz.			bis 31.12.04	für SS ≤ 350 (98-Perz.), aus Tagesmittelwerten gebildet
	Ö	20		1 Jahr			ab 18.09.02	Kalenderjahr u. Winterhalbjahr
	G	350	410	1 Std.	24	30	ab 01.01.05	bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan
	G	125		24 Std.	3		ab 01.01.05	bei ÜS v. GW Luftreinhalteplan
NO ₂	G	400		3 x 1 Std.			ab 18.09.02	Alarmschwelle (an 3 aufeinander folgenden Std.)
	G	200		98-Perz.			bis 31.12.09	aus Stundenmittelwerten oder kürzer gebildet
	G	200	270	1 Std.	18	10	ab 01.01.10	bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan
	G	40	54	1 Jahr		2	ab 01.01.10	bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan
NOx	V	30		1 Jahr			ab 18.09.02	
SS	G	150		1 Jahr			bis 31.12.04	aus Tagesmittelwerten gebildet
	G	300		95-Perz.			bis 31.12.04	aus Tagesmittelwerten gebildet
PM ₁₀	G	50	60	24 Std.	35	5	ab 01.01.05	bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan
	G	40	43,2	1 Jahr		1,6	ab 01.01.05	bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan
Blei	G	2		1 Jahr			bis 31.12.04	
	G	0,5	0,7	1 Jahr		0,1	ab 01.01.05	bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan
	G	1,0		1 Jahr			ab 01.01.05	neben Punktquellen für Blei, bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan
	G	0,5	0,85	1 Jahr		0,05	ab 01.01.10	bei ÜS v. GW+TM Luftreinhalteplan



Schadstoff	Schutzziel	GW	GW + TM	Mittelung	zul. ÜS/a	jährl. Abn. der TM	GW gültig	Bemerkung
Benzol	G	5	10	1 Jahr		1	ab 01.01.10	Abnahme TM ab 01.01.2006
CO	G	10	14	8 Std.		2	ab 01.01.05	in mg/m^3 ; 8-Std.-Mittelwerte aus stdl. gleitender Mittelung
Ozon	G	360		1 Std.			seit 1993	Schwelle f. Alarmsystem
	G	110		8 Std.			seit 1993	festes Zeitraster
	G	180		1 Std.			seit 1993	Schwelle f. Unterrichtung Öff.keit
	V	200		1 Std.			seit 1993	
	V	65		24 Std.			seit 1993	

2. **3. EU-Luftqualitäts-Tochter-Richtlinie** 2002/3/EG vom 12.02.2002, umzusetzen in nationales Recht bis 09.09.2003; alle Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bei AOT40 in $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{-Std.}$ (bezogen auf 293 K und 1013 hPa)

Schadstoff	Schutzziel	GW	GW + TM	Mittelung	zul. ÜS/a	jährl. Abn. der TM	GW gültig	Bemerkung
Ozon	G	240		1 Std.				Schwelle f. Alarmsystem
	G	180		1 Std.				Information der Öffentlichkeit
	G	120		8 Std.	25			Zielwert 2010, Überschreitung an max. 25 Tagen zulässig
	G	120		8 Std.				Zielwert 2020
	V	18.000		AOT40				Zielwert, ermittelt von Mai - Juli
	V	6.000		AOT40				Langfristziel, ermittelt von Mai - Juli

3. **4. EU-Luftqualitäts-Tochter-Richtlinie** (in Vorbereitung), für As, Cd, Hg, Ni und PAH, noch keine Grenzwertvorschläge veröffentlicht



4. **23. BImSchV** vom 16.12.1996, BGBl. I, S. 1962; alle Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bezogen auf 273 K und 1013 hPa)

Schadstoff	Schutzziel	PW	GW + TM	Mittlung	zul. ÜS/a	jährl. Abn. der TM	GW gültig	Bemerkung
NO ₂	G	160		98-Perz.			ab 01.03.97	aus Halbstundenmittelwerten gebildet
Ruß	G	14		1 Jahr			ab 01.07.95	
	G	8		1 Jahr			ab 01.07.98	
Benzol	G	15		1 Jahr			ab 01.07.95	
	G	10		1 Jahr			ab 01.07.98	

Erläuterungen, Abkürzungen:

GW	Grenzwert	G	menschl. Gesundheit	WHJ	Winterhalbjahr
PW	Prüfwert	Ö	Ökosystemen	*	Median der Tagesmittelwerte
ÜS	Überschreitung(en)	V	Vegetation		
TM	Toleranzmarge (Bezugsjahr 2003)	SS	Schwebstaub		

AOT40 „Accumulated exposure over a threshold of 40 ppb“:
Summe der Überschreitungen aller 1-Stunden-Mittelwerte über den Wert von 40 ppb (= 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) von Mai bis Juli in der Zeit zwischen 8 und 20 Uhr



LÜB-Schwellenwerte

alle Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bei CO in mg/m^3 (bezogen auf 293 K und 1013 hPa, bei PM_{10} auf 273 K und 1013 hPa)

Schadstoff	Eigenmeldung der Messstation	Vorwarnstufe	Alarmstufe 1	Alarmstufe 2	Mittlung	Bemerkung
SO ₂	500	500	1.000	1.500	1/2 Std.	
		450	900	1.350	3 Std.	
NO ₂	240	350	700	1.100	1/2 Std.	
		340	600	1.000	3 Std.	
PM ₁₀	300				3 Std.	
CO	20	40	60	80	1/2 Std.	in mg/m^3
		25	45	65	3 Std.	in mg/m^3
Ozon	150	178	220	300	1/2 Std.	
H ₂ S	150				1/2 Std.	

Datenabrufe im LÜB:

06:05 – 09:05 – 12:05 – 15:05 – 18:05 – 21:05 Uhr (ganzjährig),
 stündlich zwischen 12:00 und 21:00 Uhr (im Sommerhalbjahr)



Zusammenstellung möglicher Maßnahmen (Verkehr)

Nr.	Maßnahmen	Ziel	Flankierende Maßnahmen	Verkehrsnutzen	Realisierung	Rahmen bedingung	Reduktionspotential in der City
1	Verkehrsinformations- und -leitsysteme	Optimierung der Nutzung vorhandener Verkehrsflächen, Erhöhung der Verkehrssicherheit, Verringerung der verkehrsbedingten Umweltbelastung u. des Energieverbrauchs, Bevorrechtigung des ÖPNV	Sämtliche verkehrspolitischen Maßnahmen, die Bestandteile eines Gesamtverkehrskonzeptes sein können	Reduktion des Unfallrisikos, Veränderung der Verkehrsmittelaufteilung, Verbesserung des Verkehrsablaufs, Verminderung der Umweltbeeinträchtigungen	langfristig, da Systemkomponenten z.T. noch nicht fertig entwickelt	grundsätzlich für alle städtischen Bereiche mit hoher Verkehrsbelastung geeignet, besonders im Innenstadtbereich u. in städtischen Wohngebieten	Einfluss auf DTV und Fahrmodus, wirkt besonders auf Spitzenbelastung Reduktionspotential lokal 50 %, gesamtstädtisch einige %
2	Verkehrsberuhigung	Verbesserung der Verkehrsverhältnisse und des Wohnumfeldes, Förderung der Investitions- und Modernisierungsbereitschaft, Veränderung der Standortqualität für Betriebe	notwendig; Art der Maßnahmen abhängig von Situation bzw. Verkehrsproblem	Punktuelle Maßnahmen per Saldo ohne Verkehrsnutzen, positiver Nutzen nur bei flächendeckenden Maßnahmen	flächendeckende Maßnahmen relativ zeitaufwendig, kleinere, straßenbezogene Maßnahmen kurzfristig realisierbar	grundsätzlich für alle städtischen Bereiche geeignet, besonders im Innenstadtbereich u. in städtischen Wohngebieten	Einfluss auf DTV, Spitzenbelastung und Fahrmodus Reduktionspotential lokal 50 %



Nr.	Maßnahmen	Ziel	Flankierende Maßnahmen	Verkehrsnutzen	Realisierung	Rahmen bedingung	Reduktionspotential in der City
3	Güterverkehrszentrum (GVZ)	<u>verkehrlich-ökonomische Ziele</u> : Rationalisierung, Optimierung der Schnittstellen zwischen Verkehrsträger, Wirtschaftsförderung ökologische Ziele: Reduzierung des Schwerlastverkehrs, Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die Schiene	GVZ-Entwicklungsgesellschaft, Ausbau der verkehrlichen Infrastruktur	<u>negativ</u> : vermutlich steigendes Güterverkehrsaufkommen am Standort <u>positiv</u> : Entlastung der City vom Güterfernverkehr	Planungsbedingt sehr zeitaufwendig	Großstädte mit Anbindung an überregionale / internationale Fernverkehrswege, logistischer Knotenpunkt, gut ausgebaute verkehrliche Infrastruktur, ökonom. Entwicklungsperspektiven	Einfluss auf DTV des Schwerlastverkehrs und damit auf Verkehrszusammensetzung ca. 5 % Rußreduzierung
4	City-Logistik	Optimierung des städtischen Lieferverkehrs, allgemeine Kostenreduzierung, Ersatz des innerstädtischen Schwerlastverkehrs	umweltökonomische (z.B. Road-Pricing, Vignetten, Emissionssteuern), planerische (z.B. bauliche, informatorische, organisatorische) Maßnahmen	Entlastung der City durch Reduzierung des Schwerlastverkehr sowie durch Sendungs- und Tourenverdichtung	mittel- bis langfristig	Großstädte mit logistischen Netzen und guter Wirtschafts- und Infrastruktur	Einfluss auf DTV der LKW (leichte und schwere) Reduktionspotential 15 % bei Ruß
5	Grüne Welle	Verflüssigung des Verkehrs	Regelung der Zufahrten Verhinderung von steigenden Verkehrszahlen	Verflüssigung des Verkehrs	Kurzfristig	Hauptverkehrswege	Verbesserung der Fahrmodi besonders zur Spitzenzeit Reduktionspotential der Spitzenbelastung lokal; 60 % Kohlenwasserstoffe 15 % Stickstoffoxide 60 % Partikel



Nr.	Maßnahmen	Ziel	Flankierende Maßnahmen	Verkehrsnutzen	Realisierung	Rahmen bedingung	Reduktionspotential in der City
6	Pförtneranlagen	Beschränkung und Regulierung der Verkehrsmenge	Ersatz durch ÖPNV	Verkehrsbehinderung an Pförtneranlagen, Verflüssigung im betroffenen Gebiet	kurz- bis mittelfristig	hoher Zielverkehr	Abnahme des DTV, zeitliche Steuerung des Verkehrs Reduktionspotential bei gesamtstädtischer Anwendung ca. 5 %
7	Geschwindigkeitsbeschränkungen	Reduzierung der Verkehrsstärke und/oder Änderung der Verkehrszusammensetzung	Überwachung der Geschwindigkeitsbeschränkung	Verflüssigung des Verkehrs, Verlangsamung	Kurzfristig	keine	Verbesserung der Fahrmodi, günstigere Geschwindigkeit wirkt nicht auf Spitzenbelastung Reduktionspotential lokal 20 %
8	Ausbau von Ring und Ausfallstraßen	Bündelung des innerstädtischen Verkehrs, Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Sicherheit des städtischen Hauptstraßennetzes, Minderung der Umweltbelastung (Lärm, Abgase) an der Oberfläche	Verkehrsberuhigung und Geschwindigkeitsbegrenzung im Umfeld, aktiver und passiver Lärmschutz, Verschönerung des Wohnumfeldes	<u>positiv</u> : Zügigere Verkehrsführung auf den städtischen Hauptstraßen und Reduzierung des Verkehrs auf den Neben- und Seitenstraßen <u>negativ</u> : Erhöhtes Verkehrsaufkommen auf den städtischen Hauptstraßen	Zeitaufwendig	Städtische Verkehrsabschnitte mit hohen Verkehrs- und Umweltbeeinträchtigungen und mit hoher Sogwirkung auf umliegende Neben- u. Seitenstraßen, große Zahl betroffener Anwohner.	ca. 10 % Schadstoffreduzierung auf den Betroffenen Straßen (wird häufig durch Verkehrszunahme kompensiert); Bis zu 50 % Schadstoffreduzierung in angrenzenden, untergeordneten Straßen



Nr.	Maßnahmen	Ziel	Flankierende Maßnahmen	Verkehrsnutzen	Realisierung	Rahmen bedingung	Reduktionspotential in der City
9	Parkraumregulierung	Allgemeine Verkehrsreduzierung, gleichmäßigere Auslastung des vorhandenen Parkraumes, Förderung von Dauerparkern bzw. Sanktionierung von Kurzparkern	P+R-Anlagen, Parklizenzen, Ausbau ÖPNV, Öffentlichkeitsarbeit	Verkehrsreduzierung in der City	Kurzfristig	Innenstadtbereiche mit Parkraumangel	Einfluss auf Spitzen- und Durchschnittsbelastung in gleichem Maß Reduktionspotential lokal 50 %
10	Parkleitsysteme	Reduzierung u. Bündelung des Parksuchverkehrs, bessere Auslastung des vorhandenen Parkraumgebotes	Reduzierung von öffentlichem, gebührenfreien Parkraum, Anbindung von P+R, Ausbau ÖPNV	Parksuchverkehr sinkt, Behinderung für Fließverkehr sinkt, bessere Verkehrssteuerung wird möglich, zusätzliche Orientierungshilfen	Zeitaufwendig	Parkdruck, Städte mit hohem Zielverkehr, möglichst ausgeglichenes Verhältnis von Parknachfrage u. Parkangebot	Verringerung des Parksuchverkehrs; Einfluss auf Spitzenbelastung Reduktionspotential 5 % im gesamten Innenstadtbereich kann durch steigende Verkehrszahlen kompensiert werden



Nr.	Maßnahmen	Ziel	Flankierende Maßnahmen	Verkehrsnutzen	Realisierung	Rahmen bedingung	Reduktionspotential in der City
11	Förderung des ÖPNV	Reduzierung der verkehrsbedingten Luft- u. Lärmbelastungen in der City, dauerhafte Verkehrsverlagerung von MIV auf ÖPNV	Verringerung des innerstädtischen Parkraums, Parkraumbewirtschaftung, Zufahrts- u. Kapazitätsbeschränkungen für MIV, Verkehrsberuhigung, P+R- u. B+R-Anlagen, Geschwindigkeitsbeschränkungen in der City, öffentliche Werbekampagnen	Reduzierung des innerstädtischen Verkehrsaufkommens durch Bevorrechtigung des ÖPNV gegenüber dem MIV	Prinzipiell zeitaufwendig, Einzelmaßnahmen aber kurzfristig realisierbar	Großstädte mit hohem Zielverkehr und gut ausgebauten ÖPNV-Netzen	vom Umfang der Maßnahmen abhängig; Einfluss auf DTV und Spitzenbelastung Reduktionspotential der Schadstoffbelastung 15 %
12	Vernetzung durch Park and Ride (P+R)	Entlastung der Kern- u. Innenstädte vom MIV durch Abfangen von Dauerparkern, Verringerung des Parkdrucks in den Innenräumen, Reduzierung der Parkräume in der City, Verminderung des Verkehrs u. der Umweltbelastung (Lärm, Abgase) in der City	Verkehrsberuhigung in der City, Ausbau u. Verbesserung des ÖPNV, Verkehrs- und Parkleitsysteme, Werbeaktivitäten, Verringerung u. Bewirtschaftung der Parkräume in der City	Reduzierung des innerstädtischen Verkehrsaufkommens durch Verlagerung des MIV und ÖPNV	Einzelne P + R-Anlagen kurzfristig realisierbar, P+R-System als Teil eines verkehrspolit. Maßnahmenbündels relativ zeitaufwendig	Gut ausgebaute ÖPNV-Netz, hoher Zielverkehr in die City, hohe Verkehrsbelastung u. Parkplatzmangel in der City	Einfluss auf DTV und Spitzenbelastung Reduktionspotential im gesamten Innenstadtbereich 5 %



Nr.	Maßnahmen	Ziel	Flankierende Maßnahmen	Verkehrsnutzen	Realisierung	Rahmen bedingung	Reduktionspotential in der City
13	Förderung des Fahrrad- und Fußgängerverkehrs	Senkung der Verkehrszahlen, Verbesserung der Umwelt Verbesserung der Wohn- und Lebensqualität	Begründung: Anlegen von Plätzen, Öffentlichkeitsarbeit	Zusätzliches Mobilitätsangebot	Mittel- bis langfristig	keine	Abnahme der DTV, Reduktionspotential lokal 90% (z.B. Fußgängerzone) im gesamten Stadtgebiet 4%
14	Fahrbeschränkung und Fahrverbote	Reduzierung der Verkehrsstärke und/oder Änderung der Verkehrszusammensetzung	Übergangsfristen, Ausbau der ÖPNV, Ausnahmegenehmigungen, Überwachung	Längere Verkehrswege und erhöhte Verkehrsdichte außerhalb des Gebietes	je nach Maßnahme kurzfristig bis mittelfristig	keine	Abnahme der DTV und Verkehrszusammensetzung Reduktionspotential 90 % (allg. Fahrverbot) bzw. ca. 70 % Kohlenwasserstoff und ca. 50 % Stickstoffoxide (Konzeptspez. Fahrverbote)
15	Anderung des Straßenbelags						
16	Verkehrsmanagementsysteme						
17	Verbesserte Straßenreinigung						
18	Schadstoffarme Kfz im ÖPNV						

Quellen: Lufthygienische Wirksamkeit möglicher verkehrlicher Maßnahmen im Vollzug des § 40(2) BImSchG (StMLU 1995)
Entwurf Maßnahmenkatalog des LAI-Ad-hoc-Arbeitskreises "Maßnahmenplanung"



Fahrleistungen und Emissionen des Innerortsverkehrs in Deutschland 2000 bis 2005

Zur Abschätzung der Wirksamkeit verkehrslenkender Maßnahmen zur Minderung von Kfz-spezifischen Emissionen und Immissionen in Innerortsbereichen wurde ein Szenarienvergleich verschiedener Maßnahmen vorgenommen. Der Vergleich basiert auf Zahlen des Trendmodells „Tremod“ des Heidelberger IFEU-Instituts¹⁴, die dem LfU vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wurden. Um einen möglichst aktuellen Zahlenbezug herzustellen, wurden die Modelljahre 2000, 2002 und 2005 betrachtet. Die Untersuchung schreibt die Arbeit „Wirkungsszenario verkehrsbeschränkender Maßnahmen im Jahr 2000“¹⁵ fort.

Die untersuchten Fälle basieren auf einer in der folgenden Tabelle zusammengestellten Fahrleistungsverteilung für Innerortsverkehr.

	Fahrleistungen 2000		Fahrleistungen 2002		Fahrleistungen 2005	
	Mrd km	%	Mrd km	%	Mrd km	%
Mofa	1,05	0,49	0,92	0,42	0,76	0,33
Motorräder	1,90	0,88	2,07	0,94	2,35	1,03
Pkw	192,35	89,47	197,88	89,60	205,32	89,74
L-Nfz	8,76	4,08	9,11	4,13	9,44	4,13
Linienbusse	1,08	0,50	1,11	0,50	1,15	0,50
Reisebusse	0,49	0,23	0,51	0,23	0,54	0,24
Lkw	6,35	2,96	6,27	2,84	6,26	2,74
Lastzüge	1,69	0,78	1,66	0,75	1,66	0,73
Sattelzüge	1,32	0,61	1,32	0,60	1,31	0,57
Summe	214,99	100,00	220,85	100,00	228,80	100,00

Tabelle 1: Fahrleistungen der Fahrzeugarten im Innerortsverkehr

Es wurden folgende Einzelszenarien betrachtet:

1. Natürlicher Trend ohne Eingriffe in die Zusammensetzung der Fahrzeugarten
2. Fahrverbot für konventionelle Kfz mit Abgasstandard vor Euro 1, ausgenommen G-Kat-Fahrzeuge und bedingt schadstoffarme Diesel-Pkw (Anl. XXIII)
3. Fahrverbot nur für schwere Nutzfahrzeuge mit Abgasstandard vor Euro 2

¹⁴ Institut für Energie- und Umweltforschung, „Traffic Emission Estimation Model“, Heidelberg, 1997

¹⁵ Peter Rabl, Traugott Wegehaupt, Wirkungsszenario verkehrsbeschränkender Maßnahmen im Jahr 2000, Tätigkeitsbericht 1997, LfU-Schriftenreihe 151, München 1998



4. Substitution der konventionellen Kfz durch bestverfügbare Technik (Euro 3 für 2002 und Euro 4 für 2005)
5. Substitution konventioneller Kfz durch Fahrzeuge mit einem Abgasstandard von mindestens Euro1 oder besser. Dabei wurde ein etwa der realen Situation entsprechender Aufteilungsschlüssel mit Schwerpunkt auf die jeweils am häufigsten anzutreffenden Abgasstandards zugrundegelegt.

Die Emissionsvergleiche beziehen sich auf Stickoxide (NO_x), Benzol und Partikel. Die zusammengefassten Ergebnisse sind in Tabelle 2 enthalten.

Trends, Szenarien	Fahrleistungen		Stickstoffoxide		Benzol		Partikel	
	Mrd km %		kt	%	kt	%	kt	%
Natürlicher Trend								
2000	214,99	100%	216,55	100%	6,40	100%	9,79	100%
2002	220,85	103%	188,39	87%	4,71	74%	8,13	83%
2005	228,80	106%	151,27	70%	3,06	48%	5,75	59%
Fahrverbot für alle Kfz < Euro 1								
2000	189,44	88%	145,94	67%	3,91	61%	5,76	59%
2002	205,46	96%	144,61	67%	3,36	53%	5,43	55%
2005	222,15	103%	131,86	61%	2,53	40%	4,45	45%
Fahrverbot für schwere Nfz und Busse < Euro2								
2000	209,78	98%	160,72	74%	6,13	96%	5,95	61%
2002	217,21	101%	150,71	70%	4,52	71%	5,50	56%
2005	226,71	105%	131,03	61%	2,95	46%	4,35	44%
Substitution konventioneller Kfz durch bestverfügbare Technik								
2000	214,99	100%	169,10	78%	4,26	67%	6,59	67%
2002	220,85	103%	156,27	72%	3,59	56%	5,62	57%
2005	228,80	106%	137,62	64%	2,62	41%	4,55	46%
Substitution konventioneller Kfz durch vertretbare Technik (≥ Euro 1)								
2000	207,27	96%	172,98	80%	4,50	70%	6,75	69%
2002	217,13	101%	155,39	72%	3,66	57%	6,08	62%
2005	227,70	106%	140,01	65%	2,68	42%	4,73	48%

Tabelle 2: Fahrleistungen und Emissionen des deutschen Innerortsverkehrs 2000 - 2005
(Die Verhältnisangaben beziehen sich auf den Fall „Natürlicher Trend“ im Jahr 2000)

Die stärkste, allerdings kurzfristige Wirkung haben demnach Fahrverbote für nicht Schadstoff geminderte (konventionelle Vor-Euro-1,) Kfz, gefolgt vom Idealszenario „bestverfügbare Technik“. Die Fahrleistungen reduzieren sich beim Fahrverbot naturgemäß erheblich (allerdings mit der Zeit immer weniger). Ein Fahrverbot für schwere Nutzfahrzeuge mit Vor-Euro-2-Abgasstandard wirkt sich im Wesentlichen auf NO_x und



Partikel aus. Diese Szenarien stellen aber Idealfälle dar, welche die maximal erreichbare Emissionsminderung kennzeichnen. Beim näher an der Realität gelegenen Fall „vertretbare Technik“ wurde eine gewisse Fahrleistungsminderung gegenüber dem natürlichen Trend bzw. der vollständigen Substitution angenommen, da hierbei davon auszugehen ist, dass bei Nichtverfügbarkeit eines geeigneten Fahrzeugs auch Fahrten zusammengelegt werden oder z.T. entfallen können. Der Vergleich zeigt, dass die Ergebnisse dieses Szenarios nicht weit von denen des Idealfalles „Substitution durch bestverfügbare Technik“ entfernt liegen.

Bei der Anwendung der Emissionsszenarien auf Innerorts-Immissionen ist zu berücksichtigen, dass sich solche Maßnahmen, abgesehen vom natürlichen Trend lediglich auf die Kfz-bedingten Zusatzbelastungen auswirken. Vor allem bei Partikeln (Feinstaub) kann die Vorbelastung aus anderen Quellbereichen (Reibbelag- und Fahrbahnabrieb, Wiederaufwirbelung, sonstige Quellen) erheblich sein.