

LUFTQUALITÄT

IN FRANKFURT AM MAIN

2005

(Auswertungszeitraum 1990 – 2004)



Luftmessstation des HLUG in Frankfurt am Main - Höchst

1	VORWORT	3
2	EINLEITUNG	4
3	LUFTSCHADSTOFFMESSUNGEN	5
3.1	Ballungsraum Rhein-Main	5
3.2	Messstationen	6
3.3	Grenzwerte	9
4	IMMISSIONSMESSUNGEN	13
4.1	Schwefeldioxid (SO ₂)	13
4.2	Kohlenmonoxid (CO)	17
4.3	Ozon (O ₃)	20
4.4	Benzol (C ₆ H ₆)	23
4.5	Stickstoffdioxid (NO ₂)	25
4.6	Partikel (PM ₁₀)	30
5	MOTORISierter STRAßENVERKEHR	38
5.1	Emissions- und Immissionssituation in der Friedberger Landstraße	40
6	LUFTREINHALTEPLAN	44
6.1	Maßnahmen zur Luftreinhaltung in Frankfurt am Main	46
7	ZUSAMMENFASSUNG	48
8	LITERATURVERZEICHNIS	50
9	INTERNET-ADRESSEN	52

Umweltamt der Stadt Frankfurt am Main / Immissionsschutz
Galvanistraße 28
60486 Frankfurt am Main
www.umweltamt.stadt-frankfurt.de¹

Bearbeitung: Christa Michel

Ansprechpartner/in:

- Christa Michel, Tel.: 069-212 39188, Fax: 069-212 39140, e-mail: christa.michel@stadt-frankfurt.de
- Matthias Muncke, Tel.: 069-212 39147, Fax: 069-212 39140, e-mail: matthias.muncke@stadt-frankfurt.de

¹ Der Bericht kann unter www.umweltamt.stadt-frankfurt.de Umweltüberwachung/Immissionsschutz/Luftqualität abgerufen werden.

1 Vorwort

Die Frankfurter Bürgerinnen und Bürger über den Zustand der Umwelt zu informieren und zu umweltbewusstem Handeln anzuregen, ist eine wichtige Aufgabe des Umweltamtes. In diesem Zusammenhang informieren wir die Bevölkerung regelmäßig über die Qualität der Luft, die in Frankfurt am Main an verschiedenen Messstationen vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie überwacht wird.

In dieser 3. aktualisierten Auflage des Berichtes wird die Entwicklung von Schwefeldioxid, Partikeln, Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid, Benzol und bodennahem Ozon in den Jahren 1990 bis 2004 dokumentiert.

Die Luftreinhaltung hat in der Bundesrepublik Deutschland in den vergangenen Jahren große Erfolge erzielt. Die Aufgaben sind jedoch noch nicht gelöst. Brennpunkte sind heute die Partikelproblematik (z. B. Dieselruß), die Stickstoffoxide, der Klimaschutz, die Belastung durch krebserzeugende Stoffe und die Ozonbelastung.

Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass Feinstaub (Partikel-PM₁₀) schwere Gesundheitsschäden wie Herz-Kreislaufkrankungen und Lungenkrebs verursacht. Die Wirkung von Partikeln auf die menschliche Gesundheit wird aktuell von der Weltgesundheitsorganisation und der EU-Kommission als eines der gegenwärtig vorrangigen umwelthygienischen Schwerpunktthemen eingeschätzt. Hauptverursacher dieser Partikelimmissionen ist der Verkehr.

Zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität in Europa und zur Neuordnung des Immissionsschutzrechts hat die Europäische Union mit ihrer Luftqualitätsrahmenrichtlinie und den dazugehörigen Tochterrichtlinien reagiert und neue, niedrigere Grenzwerte festgelegt. Die Luftqualitätsrahmenrichtlinie schafft die Basis für die dauerhafte Verbesserung der Luftqualität in der Gemeinschaft. Sie enthält allgemeine Grundsätze und nennt die Schadstoffe, die zukünftig vorrangig reduziert werden müssen. Die Tochterrichtlinien enthalten spezifische Regelungen für die einzelnen Schadstoffe.

Die EU-Richtlinien wurden mit der Novellierung der 22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft (22. BImSchV) in Bundesrecht umgesetzt. Ziel der Verordnung ist die Vermeidung, Verhütung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Erreicht werden soll dieses Ziel durch die Verpflichtung der Länder, anspruchsvolle Immissionswerte einzuhalten und die Luftqualität, dort wo sie bereits gut ist, möglichst zu erhalten. Darüber hinaus wird eine umfassende Unterrichtung der Bevölkerung über die aktuelle Luftbelastung, deren Bewertung im Hinblick auf die Immissionswerte und über Sanierungsmaßnahmen gefordert.

Unter dem Stichwort CAFE (Clean Air for Europe) werden die gesamten EU-Aktivitäten im Sinne einer langfristigen, strategischen und integrierten Politik zum Schutz der Umwelt vor Luftschadstoffen gebündelt.

2 Einleitung

Die natürliche Zusammensetzung der Luft aus Stickstoff (78 %), Sauerstoff (21 %), Argon (0,9 %), Kohlendioxid (0,03 %) und einer Reihe weiterer Edelgase wird durch Luftverunreinigungen organischer und anorganischer Art verändert. Es handelt sich dabei um Stäube, Gase, Dämpfe oder Geruchsstoffe.

Die Wirkung der Luftverunreinigungen sowohl auf die Vegetation als auch auf die Menschen steht nach wie vor im Mittelpunkt der umweltpolitischen Diskussion. Gerade bei Atemwegserkrankungen wie Asthma, Bronchitis, Pseudokrupp, aber auch bei Lungenkrebs, Allergien und anderen Krankheiten können Luftschadstoffe als mögliche Entstehungsursache nicht ausgeschlossen werden.

In Ballungsgebieten standen in den siebziger und achtziger Jahren in erster Linie die „klassischen Luftverunreinigungen“ Schwefeldioxid und Schwebstaub und die entsprechenden Überwachungen und Minderungen im Vordergrund der Maßnahmen. Durch die Sanierung von Industrieanlagen und Heizungsmodernisierungen auf der Grundlage rechtlicher und technischer Vorschriften wurden insbesondere beim anlagenbezogenen Immissionsschutz beachtliche Erfolge erzielt. So ist beispielsweise die Emission von Schwefeldioxid erheblich gesunken. Als Folge konnte die Hessische Smogverordnung im Jahr 1998 aufgehoben werden.

Steigende Aufmerksamkeit verdient heute die Emittentengruppe Verkehr. Die Luft, die wir einatmen, ist vor allem in Ballungsräumen mit Abgasen des Kraftfahrzeugverkehrs belastet. In Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen treten teilweise Schadstoffkonzentrationen auf, die aus Gründen der Gesundheitsvorsorge als Dauerbelastung für die dort lebenden Menschen sehr problematisch sind. Der wachsende Bestand an Fahrzeugen und die Zunahme der Fahrleistungen führen zu großen Belastungen des Menschen und der Natur.

Aufgrund der heutigen Erkenntnisse über die Entwicklung der Luftbelastung ist für die Schadstoffe Stickstoffdioxid und Partikel mit örtlichen Überschreitungen der neuen EU-Grenzwerte zu rechnen, vor allem in stark verkehrsbelasteten Straßen mit geschlossener Bebauung. Die europaweit und national eingeleiteten Maßnahmen und Emissionsminderungsprogramme (z. B.: technische Maßnahmen an Fahrzeugen und Anlagen, Verschärfung der Abgasstandards, Verbesserung der Qualität von Kraft- und Heizstoffen, Klimaschutzprogramme) werden in den kommenden Jahren zu einer Verminderung der Stickstoffdioxid- und Partikelbelastung führen. Darüber hinaus können im innerstädtischen Bereich u. a. verkehrssteuernde oder verkehrsbeschränkende Maßnahmen durchgeführt werden, um die Vorgaben der EU zur Luftqualität zu erreichen.

Um auch anlagenbezogene Emissionsminderungen durchzusetzen, war es notwendig, auch die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) zu novellieren und eine Anpassung an die Vorgaben der EU-Luftqualitätsrichtlinien vorzunehmen. Am 01.10.2002 ist die neue TA Luft in Kraft getreten. Der Immissionsteil enthält Vorschriften zum Schutz der Nachbarn vor unverträglich hohen Schadstoffbelastungen, z. B. aus Industrieanlagen. Der Emissionsteil enthält Grenzwerte zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen und legt entsprechende Emissionswerte für alle relevanten Luftschadstoffe fest. Dabei werden nicht nur neue Industrieanlagen erfasst, sondern auch Anforderungen an Altanlagen formuliert. Sie müssen nach angemessenen Übergangsfristen grundsätzlich an den

Stand der Technik und damit an das Emissionsniveau von Neuanlagen herangeführt werden.

3 Luftschadstoffmessungen

In Hessen wird die Luftqualität vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) durch Luftschadstoffmessungen überwacht. Die Verpflichtung zur landesweiten Immissionsüberwachung ergibt sich aus Richtlinien der Europäischen Union, die durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und seine Verordnungen in deutsches Recht umgesetzt worden sind. Im Kapitel 4 und 5 werden die Ergebnisse dieser Messungen vorgestellt.

Im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes sind Emissionen die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen. Als Emission werden die austretenden Stoffe selbst bezeichnet. Emissionen können aus natürlichen (z. B. Vulkanausbrüche) oder anthropogenen, vom Menschen verursachten, Quellen (z. B. Abgase aus dem Kfz-Verkehr) stammen.

Durch Transmission (Transport und Ausbreitung in der Luft) verteilen sich die Emissionen und können als Immissionen auf die Umwelt einwirken.

Immissionen sind auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre sowie Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen. Das Ausmaß der Schadstoffeinwirkung hängt von der Verweildauer und Konzentration der Schadstoffe am Einwirkungsort ab.

Die Luftmessstationen des HLUG sind gemäß der 22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz in drei Gruppen unterteilt:

- die emittentenfernen Messstationen im ländlichen Raum,
- die Messstationen in den Städten,
- die Messstationen an Verkehrsschwerpunkten.

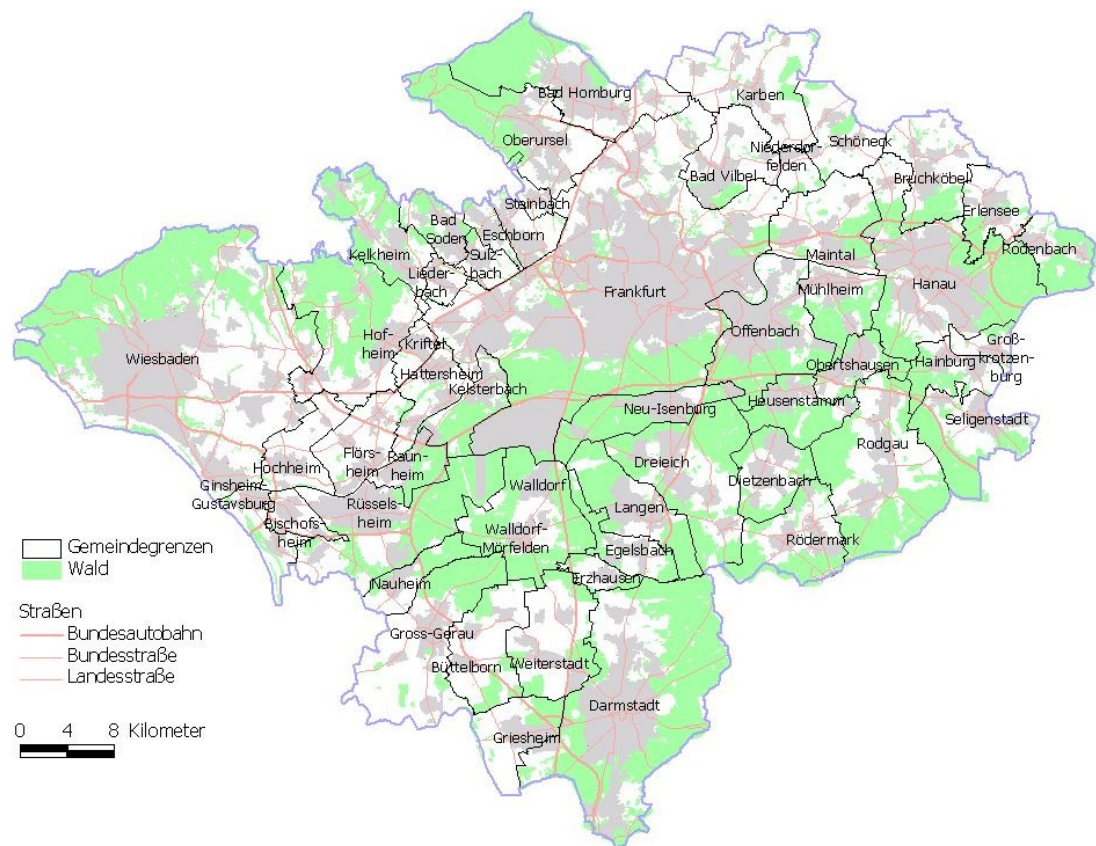
3.1 Ballungsraum Rhein-Main

Am 18.09.2002 ist die Novellierung der 22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz in Kraft getreten. Nach § 9 dieser Verordnung müssen die zuständigen Behörden Ballungsräume und Gebiete festlegen, in denen die Luftqualität überwacht wird. In diesem Zusammenhang wurde Hessen nach lufthygienischen Gesichtspunkten neu geordnet:

- Ballungsraum Rhein-Main
- Ballungsraum Kassel
- Gebiet Südhessen
- Gebiet Lahn-Dill
- Gebiet Mittel- und Nordhessen

Der Ballungsraum Rhein-Main, in dem das Stadtgebiet von Frankfurt am Main komplett enthalten ist, hat eine Fläche von 1.851 km² mit 2.282.614 Einwohnern.

Abb. 1 : Ballungsraum Rhein-Main



(HLUG, 2003)

3.2 Messstationen

In Frankfurt am Main wird die Luftqualität aktuell an drei kontinuierlichen Messstationen vom HLUG überwacht. Zwei Messstationen im Frankfurter Stadtgebiet sind so platziert, dass sie nicht unmittelbar den Emissionen aus benachbarten Quellen ausgesetzt sind und somit für den städtischen Hintergrund repräsentative Werte ermittelt werden können. Dazu gehören die Luftmessstationen Höchst (Innenstadt, siehe Titelfoto) und Ost (Stadttrand, Industrie, verkehrsnah). Die beiden Standorte sind als Dreieck in Abbildung 2 gekennzeichnet. Bei der dritten Messstation handelt es sich um eine verkehrsbezogene Messstation, die in der Friedberger Landstraße eingerichtet wurde. Der Standort der Messstation ist als Kreuz in Abbildung 2 dargestellt. Bei der Friedberger Landstraße handelt es sich um eine typische Straßenschlucht mit geschlossener Bebauung und hoher Verkehrsbelastung (ca. 34.000 Kfz pro Tag, davon ca. 3 % Lkw). In Straßenschluchten reichern sich die Schadstoffe durch die mangelnde Durchlüftung stärker an als an Standorten, die gut belüftet sind (z. B. Plätze oder Kreuzungsbereiche). Die Luftqualität in Frankfurt am Main wird bis 2003 mit der der emittentenfernen Waldmessstation in Königstein im Taunus verglichen. Mit Beginn des Jahres 2004 wurde die Station Königstein geschlossen, da hier die

lufthygienische Situation durch langjährige Untersuchungen gut bekannt ist und ein Weiterbetrieb keine neuen Erkenntnisse zur fachlichen Beurteilung der Luftqualität liefern würde. Ab 2004 wird daher ein Vergleich mit der Station Kleiner Feldberg (ländlicher Raum, Mittelgebirge, Kuppenlage) vorgenommen (siehe Kapitel 4).

Abb. 2 : Kontinuierliche Luftmessstationen des HLUG

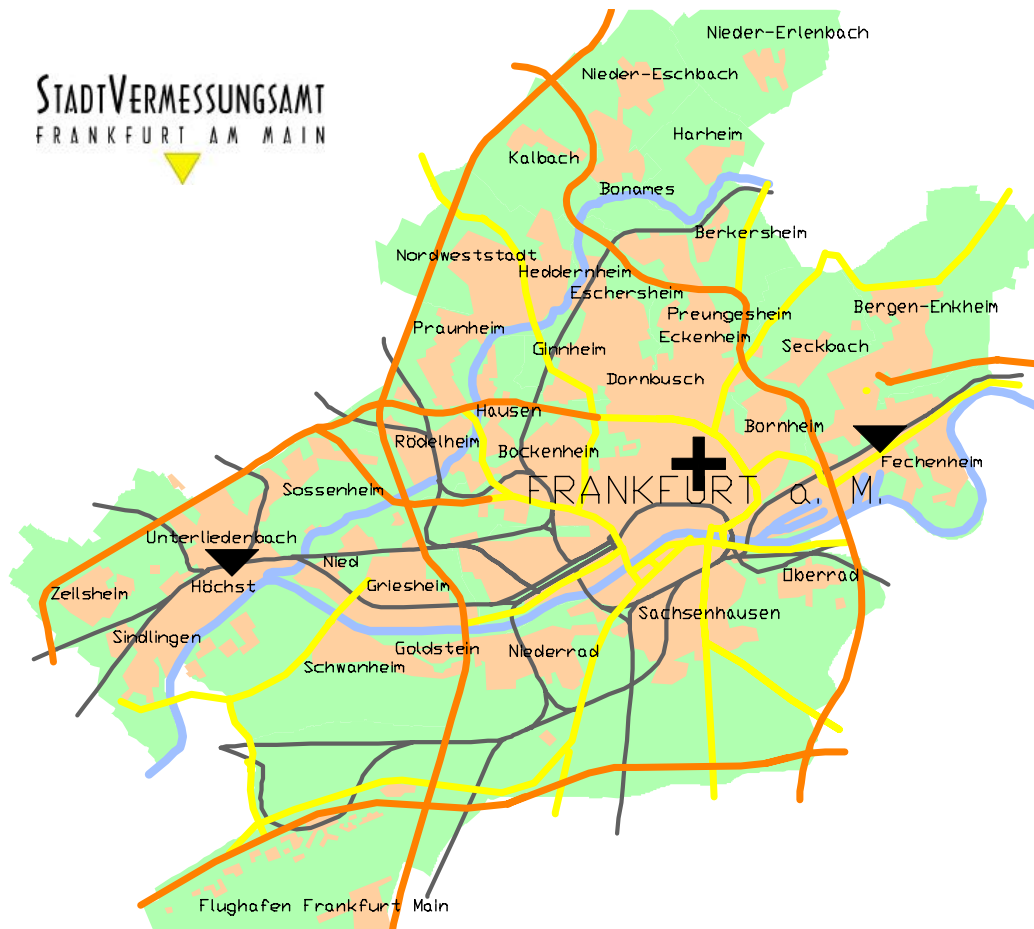


Foto 1: Verkehrsbezogene Luftmessstation des HLUG in der Friedberger Landstraße



Die Messung der Luftschadstoffe in den Messstationen erfolgt mit automatisierten Analysatoren. Die Messplatzanforderung für diese Geräte macht es in der Regel erforderlich, die Stationen als begehbaren thermostatisierten Laborraum auszulegen. Jede Messstation setzt sich aus dem Probenahmesystem, den einzelnen Messgeräten mit Kalibriereinheit und der Stationselektronik zusammen. Die Mess- und Kalibrierungsverfahren sind jeweils komponentenspezifisch. Eingesetzt werden rein physikalische Messverfahren, da diese Verfahren wartungsfreundlich sind. Die Stationselektronik steuert die Messstation und verwaltet die Messwerte. Der Stationsrechner fragt alle drei Sekunden die Messwerte ab und berechnet die Halbstundenmittelwerte; diese werden anschließend per Telefon in die Messnetzzentrale des HLUg übertragen. Die Ansaughöhe beträgt an den drei Messstationen in Frankfurt am Main und am Kleinen Feldberg 3,5 m.

Bezüglich der zu messenden Luftschadstoffe haben diejenigen Komponenten Priorität, für die Immissionsgrenzwerte oder vergleichbare Richtwerte festgelegt sind. Dabei handelt es sich um folgende Komponenten:

- Schwefeldioxid (SO_2)
- Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Ozon (O_3)
- Partikel (PM_{10})
- Summe der Kohlenwasserstoffe (C_nH_m) ohne Methan
- Benzol, Toluol, m-/p-Xylol
- meteorologische Größen

Die meteorologischen Parameter dienen dazu, die für die Entstehung und die Ausbreitung von Luftverunreinigungen bedeutsamen meteorologischen Bedingungen

zu erfassen. Gemessen werden Windrichtung und -geschwindigkeit, Temperatur, relative Feuchte, Luftdruck, Globalstrahlung und Niederschlag.

Beim Schwefeldioxid wird die UV-Fluoreszenz gemessen. Die Nachweisgrenze beträgt $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Messprinzip für die Stickoxide ist die Chemolumineszenz. Die Nachweisgrenze beträgt $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Messprinzip des CO-Analysators ist die Infrarot-Absorption. Die Nachweisgrenze beträgt $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$. Beim Ozon wird die UV-Absorption gemessen (Nachweisgrenze $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Benzol, Toluol und Xylol werden gaschromatographisch gemessen. Hier beträgt die Nachweisgrenze für alle Komponenten $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Kohlenwasserstoffe werden ebenfalls gaschromatographisch gemessen (Nachweisgrenze $0,02 \text{ mg}/\text{m}^3$). Die PM_{10} -Messung erfolgt kontinuierlich mit einem Beta-Gerät. Die auf dem Filterband abgeschiedene Staubmasse wird bereits während der Probenahme durch Beta-Absorption ständig gemessen. Die Nachweisgrenze beträgt $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

An jeder Messstation fallen für die gemessenen Luftschadstoffe Halbstundenmittelwerte an; pro Stoff und Jahr sind 17.520 Einzelwerte theoretisch möglich. Aus diesem großen Jahreskollektiv lassen sich bestimmte Kenngrößen berechnen. Die wichtigste Kenngröße im Zusammenhang mit der Langzeiteinwirkung ist der Jahresmittelwert. Im Bereich der Kurzzeiteinwirkung ist die Überschreitungshäufigkeit festgelegter Schwellenwerte maßgeblich, also die Zahl der Fälle, in denen festgelegte Konzentrationswerte (1- oder 8- oder 24-h-Werte) pro Jahr überschritten werden. Daneben sind noch weitere Kenngrößen gebräuchlich, z. B. der maximale 8-h-Wert eines Tages oder der maximale Halbstundenwert pro Tag oder Monat (HLUG, 2005, Beschreibung der Messmethodik und Messtechnik in der Internetpräsentation).

Dieser Bericht beinhaltet die Auswertung der folgenden Luftschadstoffe: Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ozon, Partikel, Kohlenmonoxid und Benzol. Die Konzentrationen von SO_2 , NO_2 , PM_{10} Ozon und Benzol werden in Mikrogramm (μg), Kohlenmonoxid wird in Milligramm (mg) pro Kubikmeter (m^3) Luft angegeben. $1 \mu\text{g}$ entspricht $0,000\,001 \text{ g}$.

3.3 Grenzwerte

Um die Immissionsbeurteilung innerhalb der Europäischen Union zu vereinheitlichen, wurden von der EU in der Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG vom 27.09.1996 in Verbindung mit verschiedenen Tochterrichtlinien Grenzwerte für die Beurteilung der Luftqualität erlassen. Die Richtlinie bietet einen EU-weiten Rahmen für nationale, internationale, regionale und lokale Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität. Sie zielt insbesondere auf städtische Ballungsräume, in denen mehr als die Hälfte der Bevölkerung in Europa lebt. Bei der Ausarbeitung der derzeit geltenden Luftqualitätsrichtlinien hat sich die Europäische Kommission hinsichtlich der Risiken im wesentlichen auf die Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gestützt.

Da es technisch nicht machbar erschien, die definierten Grenzwerte sofort einzuhalten, wurden für eine Übergangszeit bis 2005 bzw. 2010 Toleranzmargen definiert. Toleranzmargen sind linear mit der Zeit abnehmende Zuschläge zum Grenzwert. Ab 2005 bzw. 2010 gelten dann die eigentlichen Grenzwerte. Überschreitungen der festgelegten EU-Grenzwerte plus Toleranzmarge müssen der EU gemeldet werden. Außerdem besteht die Verpflichtung, Maßnahmenpläne zu entwickeln und durchzuführen. Die „Grenzwerte plus Toleranzmarge“ sollen den EU-

Mitgliedstaaten den Weg zum Grenzwert weisen und ihnen aufzeigen, wie gut oder schlecht sich die eigene Luftqualität im Verhältnis zu den Grenzwerten verhält.

In der Richtlinie 1999/30/EG vom 22.04.1999 sind Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Stickstoffoxide, Partikel (PM₁₀) und Blei definiert. In der Richtlinie 2000/69/EG vom 16.11.2000 sind Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid festgelegt. Der Grenzwert für Kohlenmonoxid gilt für den höchsten 8-Stunden-Mittelwert eines Tages. In der Richtlinie 2002/3/EG vom 12.02.2002 sind Zielwerte, eine Alarmschwelle und eine Informationsschwelle für Ozon definiert. In der novellierten 1. Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), sind Immissionswerte zum Schutz vor Gesundheitsgefahren festgelegt. Diese Immissionswerte entsprechen den EU-Grenzwerten. In der novellierten 22. Verordnung vom 11.09.2002 (22. BImSchV) und in der 33. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 13.07.2004 (33. BImSchV) wurden die neuen EU-Grenzwerte ins deutsche Recht übernommen.

Tabelle 1: Grenzwerte für Kohlenmonoxid

	Jahr	Kohlenmonoxid (CO) in mg/m ³ Grenzwert 8-Stunden-Mittelwert
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2000	16
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2003	14
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2004	12
EU-Grenzwert	2005	10

Tabelle 2: Grenzwerte für Benzol

	Jahr	Benzol (C ₆ H ₆) in µg/m ³ Grenzwert Jahresmittelwert
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2000	10
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2006	9
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2007	8
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2008	7
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2009	6
EU-Grenzwert	2010	5

Tabelle 3: Informations-, Alarm- und Zielwert für Ozon

	Jahr	Bezugs-zeit	Ozon (O ₃) in µg/m ³
EU-Informationsschwelle	2003	1 Stunde	180
EU-Alarmschwelle	2003	1 Stunde	240
EU-Zielwert	2010	8 Stunden	120 (darf nicht öfter als 25mal pro Jahr überschritten werden)

Tabelle 4: Grenzwerte für Partikel

	Jahr	Partikel (PM ₁₀) in µg/m ³ Grenzwert Jahresmittelwert	Partikel (PM ₁₀) in µg/m ³ Grenzwert 24-Stunden-Mittelwert
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	1999	48	75 *
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2001	46,4	70 *
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2002	44,8	65 *
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2003	43,2	60 *
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2004	41,6	55 *
EU-Grenzwert	2005	40	50 *

* dürfen nicht öfter als 35mal im Jahr überschritten werden

Tabelle 5: Grenzwerte für Stickstoffdioxid

	Jahr	Stickstoffdioxid (NO ₂) in µg/m ³ Grenzwert Jahresmittelwert	Stickstoffdioxid (NO ₂) in µg/m ³ Grenzwert 1-Stunden-Mittelwert
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	1999	60	300*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2001	58	290*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2002	56	280*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2003	54	270*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2004	52	260*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2005	50	250*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2006	48	240*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2007	46	230*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2008	44	220*
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2009	42	210*
EU-Grenzwert	2010	40	200*

* dürfen nicht öfter als 18mal pro Jahr überschritten werden

Tabelle 6: Grenzwerte für Schwefeldioxid

	Jahr	Bezugs-zeit	Schwefeldioxid (SO ₂) Grenzwerte in µg/m ³
EU-Grenzwert	2001	Jahr	20
EU-Grenzwert	2005	24 Stunden	125 (dürfen nicht öfter als 3mal im Jahr überschritten werden)
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	1999	1 Stunde	500 *

EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2001	1 Stunde	470 *
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2002	1 Stunde	440 *
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2003	1 Stunde	410 *
EU-Grenzwert + Toleranzmarge	2004	1 Stunde	380 *
EU-Grenzwert	2005	1 Stunde	350 *

* dürfen nicht öfter als 24mal im Jahr überschritten werden

4 Immissionsmessungen

Alle Emissions- und Immissionsdaten von Frankfurt am Main, Königstein und vom Kleinen Feldberg, die in Kapitel 4 dargestellt werden, wurden vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) zur Verfügung gestellt. Aktuelle Informationen zur Luftqualität in Frankfurt am Main können im Internet unter der Adresse www.hlug.de abgerufen werden. Die Messdaten werden dort von 7:00 Uhr - 19:00 Uhr stündlich aktualisiert.

Neben der Beurteilung der Luftqualität durch Messungen kann eine Einschätzung der Schadstoffsituation auch durch Modellrechnungen vorgenommen werden. Zu diesem Zweck setzt das Umweltamt seit 2004 das straßenbezogene Ausbreitungsrechnungsprogramm IMMIS-Luft ein. IMMIS-Luft ist ein Screening-Programm zur Bestimmung der Luftschadstoffimmissionen in Innenstädten. Das Programm berechnet die durch Kraftfahrzeuge erzeugten Emissionen und modelliert die Ausbreitung der Immissionen von Luftschadstoffen im Straßenraum. Wesentliche Grundlage für die Bestimmung der Emissionen, die durch den Kfz-Verkehr verursacht werden, ist das vom Umweltbundesamt herausgegebene und 2004 aktualisierte „Handbuch der Emissionsfaktoren“. Entsprechend der in diesem Handbuch beschriebenen Kfz-Emissionen werden in IMMIS-Luft die Immissionen berechnet. Bisher werden Berechnungen für einzelne Straßenabschnitte durchgeführt.

Emissionsseitig beinhaltet dieser Luftbericht Daten des HLUG bezogen auf das Stadtgebiet von Frankfurt am Main (ohne Flughafen). Darüber hinaus sind zu den einzelnen Schadstoffen die Emissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen aus den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Flughafen Frankfurt Main zu den drei Szenarien „Ist-Situation 2000“, „Prognosenullfall 2015“ (ohne Ausbau) und „Planungsfall 2015“ (mit Ausbau) angegeben.

4.1 Schwefeldioxid (SO₂)

Schwefeldioxid ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, das überwiegend bei Verbrennungsvorgängen durch Oxidation des im Brennstoff enthaltenen Schwefels entsteht. Prozessbedingte Emissionen treten vornehmlich in den Bereichen der Erdöl- und Erdgasaufbereitung, der Metallerzeugung und der Chemischen Industrie auf. SO₂ wirkt vor allem auf die Schleimhäute des Auges und der oberen Atemwege. Bei Pflanzen verursacht SO₂ das Absterben von Gewebepartien durch den Abbau von Chlorophyll.

Von 1990 - 2000 war bundesweit ein Rückgang der Emissionen um 4.526 kt (Kilotonnen)² (85 %) von 5.321 kt auf 795 kt zu verzeichnen. Gründe hierfür sind insbesondere im Bereich der neuen Länder der Vollzug der Großfeuerungsanlagenverordnung, der mit Betriebsstilllegungen und der wirtschaftlichen Umstrukturierung verbundene stark rückläufige Energiebedarf und der Einsatz emissionsärmerer Brennstoffe. Hauptverursacher von Schwefeldioxidemissionen waren 2000 in Deutschland die stationären Feuerungsanlagen im Bereich der Kraft- und Fernheizwerke (55 %) und die Industriefeuerungen (24 %), obwohl gerade in diesem Bereich die Emissionen um

² 1 Kilotonne sind 1.000 Tonnen.

3.451 kt gemindert werden konnten. Weitere Emittenten waren Industrieprozesse (10 %), Haushalte (6 %), Verkehr (3 %) und Kleinverbraucher (3 %) (UBA, 2002).

Um geltendes europäisches Recht einzuhalten, müssen die Schwefeldioxidemissionen in der Bundesrepublik Deutschland auch in den kommenden Jahren weiter reduziert werden. Nach der Richtlinie 2001/81/EG der Europäischen Union über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe und der 33. BImSchV darf Deutschland im Jahr 2010 nicht mehr als 520 kt Schwefeldioxid emittieren. D. h. Deutschland muss die Schwefeldioxidemissionen um 275 kt (ca. 35 %) reduzieren. Ziel dieser Richtlinie ist die Begrenzung versauernder und eutrophierender Schadstoffe sowie der Ozonvorläufer, um in der Gemeinschaft den Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit gegen die Risiken der Versauerung, der Eutrophierung des Bodens und des bodennahen Ozons zu verbessern.

In Frankfurt am Main wurden 47 % der Schwefeldioxidemissionen durch die Industrie, 44 % durch die Gebäudeheizungen und 9 % durch den Kfz-Verkehr verursacht (HLUG, 2003).³ Im Vergleich zu den Bezugsjahren 1994/1996 haben sich die Schwefeldioxidemissionen von 2.928 t/a auf 1.936 t/a im Jahr 2000 bei allen Emittenten deutlich reduziert.

Tabelle 7: Schwefeldioxidemissionen in Frankfurt am Main

Quelle	SO ₂ in t/a	SO ₂ in %
Industrie 2000	919	47
Gebäudeheizung 2000	845	44
Kfz-Verkehr 2000	172	9
Summe	1.936	100

(HLUG, 2003)

Tabelle 8: Schwefeldioxidemissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen in t/a

	Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015 (ohne Ausbau)	Planungsfall 2015 (mit Ausbau)
Flugverkehr (bis ca. 300 m)	140	210	274
Hilfsaggregate der Flugzeuge	22	26	32
Probe-/Standläufe	2	4	9
Quellen Flughafen (Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände)	9,3	1,2	1,9
Kfz-Nahbereich ⁴	3	0,8	0,9
induz. Kfz-Umland ⁵	43	13	15
Gesamt	219,3	255	332,8

³ Der Luftverkehr wurde in dieser Auswertung nicht berücksichtigt.

⁴ Kfz-Verkehr auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens – diese Quellgruppe beinhaltet zu einem geringen Teil (ca. 21 % der Jahresfahrleistung in der Ist-Situation, ca. 20 % im Prognosenullfall, ca. 17 % im Planungsfall) auch nicht-flughafeninduzierten Durchgangsverkehr.

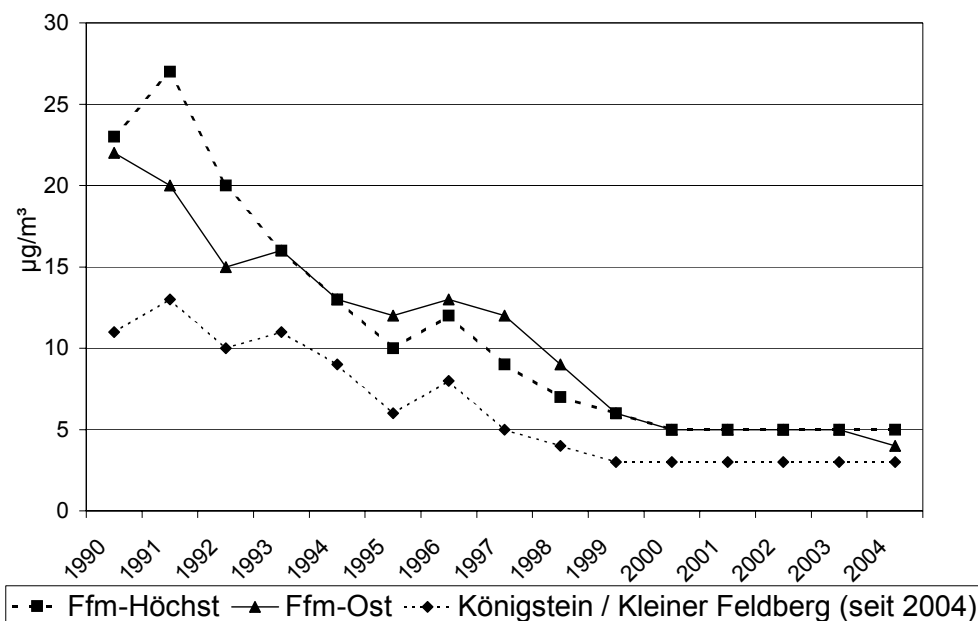
⁵ Flughafeninduzierter Kfz-Verkehr im Umland in einem Betrachtungsraum von 75 x 71 km.

(Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main 2005, Band C, G1 UVS und LBP – Teil II. Vorhaben und Projektwirkungen, ARGE Baader-Bosch, S. 35)

Nach den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main verursachen die flughafenbezogenen Quellgruppen im Szenario „Ist-Situation 2000“ etwa 219 t Schwefeldioxid pro Jahr. Durch den Ausbau würde sich die Summe im Szenario „Planungsfall 2015“ auf 333 t pro Jahr erhöhen. Dabei würden allein 134 t Schwefeldioxid zusätzlich vom Flugverkehr verursacht.

Abbildung 3: Schwefeldioxidimmissionen 1990 - 2004

Langzeitbelastung in Frankfurt am Main und Königstein/Kleiner Feldberg (seit 2004)
(Mittelwerte)



(HLUG, 2005)

Der Rückgang der Schwefeldioxidemission in Frankfurt am Main wird bei der Betrachtung der Jahresmittelwerte deutlich. Während 1990 die mittlere SO_2 -Konzentration in Frankfurt am Main $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betrug, ist die mittlere Konzentration bis 2004 auf $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gesunken. Im Vergleich zu den Frankfurter Stationen sind im emittentenfernen Taunus die Schwefeldioxidkonzentrationen niedriger ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1990, $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2004).

Die Richtlinie 1999/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom April 1999 beinhaltet Grenzwerte für Schwefeldioxid. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen außerhalb der unmittelbaren Umgebung von Quellen beträgt $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der EU-Grenzwert, der seit Juli 2001 eingehalten werden soll, wird in Frankfurt am Main und im Taunus deutlich unterschritten.

Der EU-Einstundengrenzwert plus Toleranzmarge von $380 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gültig im Jahr 2004), der jeweils nicht öfter als 24mal pro Jahr überschritten werden darf, wurde in Frankfurt am Main und am Kleinen Feldberg nicht überschritten. Der maximale 1-Stundenwert an den Frankfurter Stationen wurde 2004 in Höchst gemessen und betrug $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der EU-Tagesgrenzwert von $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der ab 2005 nicht öfter als dreimal pro Jahr überschritten werden darf, wurde an den Frankfurter Stationen und in Königstein seit 1994 nicht mehr überschritten. Der maximale 24-Stunden-Wert wurde im Jahr 2004 in Frankfurt am Main in Höchst gemessen und betrug $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabelle 9: Schwefeldioxidimmissionen in Frankfurt am Main und Königstein/Kleiner Feldberg 1990 - 2004

Jahr	Schwefeldioxid (SO_2) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittelwerte				Anzahl der Überschreitungen der 1h-Mittelwerte			1h- Mittelwert ⁶
	Frankfurt am Main		Königstein / Kl. Feldberg (seit 2004)	Grenzw ert	Frankfurt am Main		Königstein / Kl. Feldberg (seit 2004)	Grenzwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Höchst	Ost			Höchst	Ost		
1990	23	22	11					
1991	27	20	13					
1992	20	15	10					
1993	16	16	11					
1994	13	13	9					
1995	10	12	6					
1996	12	13	8					
1997	9	12	5					
1998	7	9	4					
1999	6	6	3	20	0	0	0	500
2000	5	5	3	20	0	0	0	500
2001	5	5	3	20	0	0	0	470
2002	5	5	3	20	0	0	0	440
2003	5	5	3	20	0	0	0	410
2004	5	4	3	20	0	0	0	380

(HLUG, 2005)

⁶ darf nicht öfter als 24mal im Jahr überschritten werden

4.2 Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid ist ein geruchloses Gas, das vor allem bei unvollständiger Verbrennung in Motoren und Feuerungsanlagen entsteht. Prozessbedingte Emissionen treten im Wesentlichen in den Bereichen Eisen und Stahl, Steine und Erden sowie Aluminium auf. Eingeatmetes Kohlenmonoxid blockiert die Sauerstoffaufnahme ins Blut und führt je nach aufgenommener Menge zu Kopfschmerzen, Schwindelgefühlen und Übelkeit. Größere Mengen führen zum Tod. Da Kohlenmonoxid an der Luft zu Kohlendioxid umgewandelt wird, spielt es auch eine Rolle bei der Absorption der infraroten Strahlung und trägt somit zur globalen Erwärmung bei.

Von 1990 bis 2000 war bundesweit ein Rückgang der Emissionen von 11.213 kt um mehr als die Hälfte auf 4.768 kt zu verzeichnen. Ursache hierfür waren die Einführung technischer Minderungsmaßnahmen im Verkehrsbereich durch gesetzliche Regelungen, die Umstellung des überalterten Fahrzeugbestandes auf modernere Motorkonzepte (- 4,1 Mio. t) sowie die Umstellung auf gasförmige und flüssige Brennstoffe im Bereich der kleinen Feuerungsanlagen (- 1,6 Mio. t).

Verursacher der bundesweiten CO-Emissionen waren 2000 der Verkehr (52 %), die Haushalte (17 %), die Industriefeuerungen (14 %), die Industrieprozesse (12 %), die Kleinverbraucher (3 %) und die Kraft- und Fernheizwerke (2 %) (UBA, 2002).

Im Jahr 2000 wurden in Frankfurt am Main 82 % der CO-Emission durch den Kfz-Verkehr, 11 % durch die Gebäudeheizungen und 7 % durch die Industrie verursacht. Von 1995 bis 2000 haben sich die CO-Emissionen von 39.494 t auf 31.309 t reduziert. Die stärkste Emissionsminderung war beim Kfz-Verkehr (1995: 33.675 t) zu verzeichnen (HLUG, 2003).

Tabelle 10: Kohlenmonoxidemissionen in Frankfurt am Main

Quelle	CO in t/a	CO in %
Kfz-Verkehr 2000	25.804	82
Gebäudeheizung 2000	3.407	11
Industrie 2000	2.098	7
Summe	31.309	100

(HLUG, 2003)

Nach den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main verursachen die flughafenbezogenen Quellgruppen im Szenario „Ist-Situation 2000“ 7.500 t Kohlenmonoxid. Durch den Ausbau würde sich die Summe im „Planungsfall 2015“ auf 8.322 t pro Jahr erhöhen.

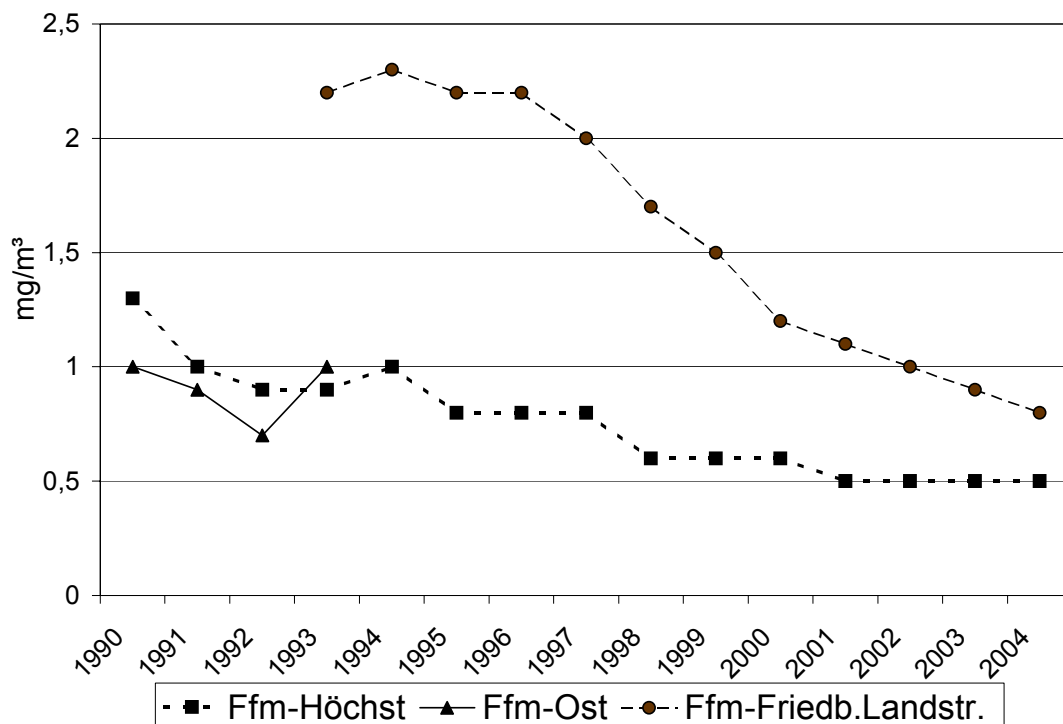
Während bei den Kfz-Emissionen nach dem Gutachten ein Rückgang im Prognosenullfall und im Planungsfall erwartet wird, steigen beim Flugverkehr bis 300 m die CO-Emissionen in beiden Szenarien für 2015 deutlich an.

Tabelle 11: Kohlenmonoxidemissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen in t/a

	Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015 (ohne Ausbau)	Planungsfall 2015 (mit Ausbau)
Flugverkehr (bis ca. 300 m)	2.475	2.934	3.800
Hilfsaggregate der Flugzeuge	177	208	264
Probe-/Standläufe	37	35	52
Quellen Flughafen (Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände)	189,5	85,5	119,5
Kfz-Nahbereich ⁷	260,7	131,5	140,2
induz. Kfz-Umland ⁸	4.361	3.432	3.946
Gesamt	7.500,2	6.826	8.321,7

(Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main 2005, Band C, G1 UVS und LBP – Teil II. Vorhaben und Projektwirkungen, ARGE Baader-Bosch, S. 35)

Abbildung 4: Kohlenmonoxidmissionen 1990 - 2004
Langzeitbelastung in Frankfurt am Main (Mittelwerte)



(HLUG, 2005)

⁷ Kfz-Verkehr auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens – diese Quellgruppe beinhaltet zu einem geringen Teil (ca. 21 % der Jahresfahrleistung in der Ist-Situation, ca. 20 % im Prognosenullfall, ca. 17 % im Planungsfall) auch nicht-flughafeninduzierten Durchgangsverkehr.

⁸ Flughafeninduzierter Kfz-Verkehr im Umland in einem Betrachtungsraum von 75 x 71 km.

Die Kohlenmonoxidbelastung ist in Frankfurt am Main zwischen 1990 und 2004 gesunken. In der Friedberger Landstraße, an der verkehrsbezogenen Messstation, sind die CO-Konzentrationen aufgrund des hohen Kfz-Aufkommens und der schlechteren Belüftung durch die dichte Bebauung höher als in Höchst.

Für den Jahresmittelwert von Kohlenmonoxid wurde kein EU-Grenzwert festgelegt. Es existiert jedoch ein EU-Grenzwert für das höchste 8-Stunden-Mittel eines Tages. Von 2000 – 2002 durften 16 mg/m³ (Grenzwert plus Toleranzmarge) als höchster 8-h-Mittelwert nicht überschritten werden. Die Toleranzmarge wurde ab 2003 schrittweise reduziert und der Grenzwert beträgt seit 2005 noch 10 mg/m³.

Im Jahr 2004 wurde der gültige Grenzwert plus Toleranzmarge von 12 mg/m³ an den Stationen in Höchst und in der Friedberger Landstraße deutlich unterschritten.

Der seit 2005 geltende Grenzwert von 10 mg/m³ wurde an den Frankfurter Messstationen seit 1998 bereits eingehalten.

Tabelle 12: Kohlenmonoxidimmissionen in Frankfurt am Main 1990 - 2004

Jahr	Kohlenmonoxid (CO) in mg/m ³ Jahresmittelwerte			Maximale 8h-Mittelwerte in mg/m ³		
	Frankfurt am Main			Frankfurt am Main		Grenzwert
	Ost	Höchst	Friedberger Landstraße	Höchst	Friedberger Landstraße	
1990	1,0	1,3		6,8		
1991	0,9	1,0		7,7		
1992	0,7	0,9		6,0		
1993	0,9	0,9	2,2	4,1	11,4	
1994		1,0	2,3	5,8	13,4	
1995		0,8	2,2	3,7	8,8	
1996		0,8	2,2	3,4	7,8	
1997		0,8	2,0	5,9	10,7	
1998		0,6	1,7	4,7	9,0	
1999		0,6	1,5	3,2	5,7	
2000		0,6	1,2	2,3	4,6	16
2001		0,5	1,1	2,7	4,8	16
2002		0,5	1,0	3,0	4,8	16
2003		0,5	0,9	2,4	3,4	14
2004		0,5	0,8	2,1	3,4	12

(HLUG, 2005)

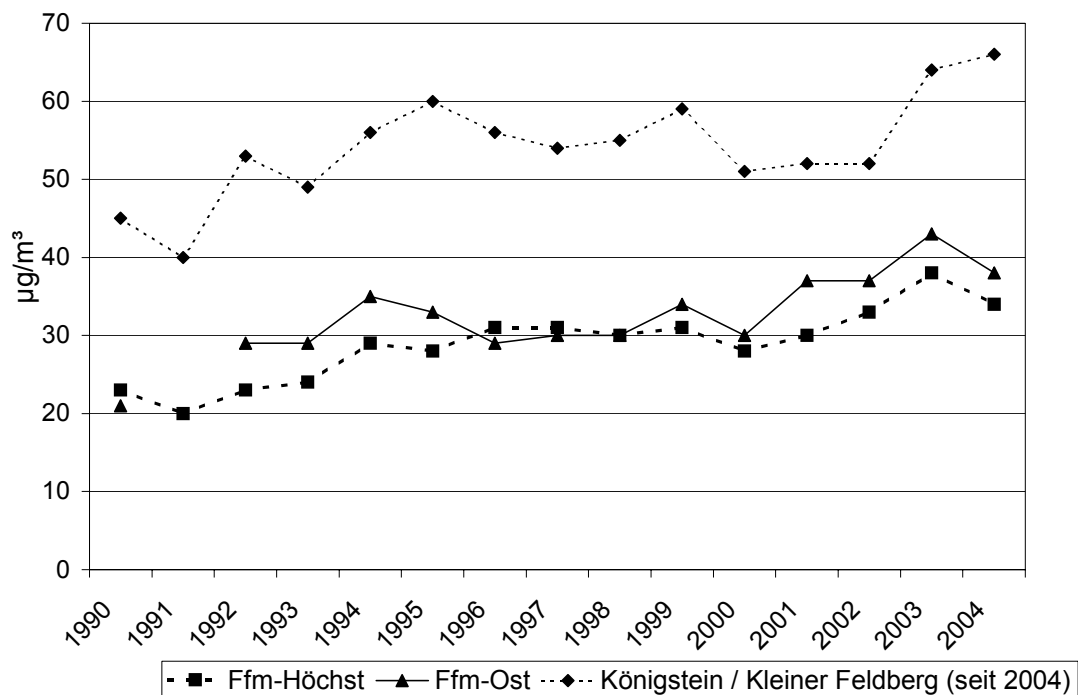
4.3 Ozon (O₃)

In 10 - 50 km über der Erde bildet Ozon einen Schutzschild gegen die bei Menschen hautkrebserregenden ultravioletten Strahlen der Sonne. Diese schützende Ozonschicht wird durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) angegriffen und abgebaut (Ozonloch über Polargebieten). In Bodennähe ist Ozon ohne menschlichen Einfluss nur in geringen Konzentrationen vorhanden. Stickstoffoxide und Kohlenwasserstoffe, vor allem durch Kfz-Verkehr verursacht, bilden jedoch bei Sonneneinstrahlung mit Sauerstoff das Ozon. Bedingt durch den Einfluss meteorologischer Parameter (Strahlung, Temperatur, Windgeschwindigkeit) auf die Ozonbildung werden hohe Ozonkonzentrationen vor allem in den Sommermonaten erreicht.

Ozon wird fast ausschließlich über die Atemwege aufgenommen. Beobachtet werden gesundheitliche Auswirkungen wie Entzündungen und morphologische, biochemische und funktionelle Veränderungen der Atemorgane sowie die Schwächung der Abwehrkräfte. Die individuelle Empfindlichkeit gegenüber Ozon ist sehr unterschiedlich. Etwa 10 % der Bevölkerung reagieren empfindlich gegenüber Ozon. Die Schädlichkeit für die menschliche Gesundheit hängt von der Konzentration, der Expositionsdauer und dem Ausmaß der körperlichen Betätigung während der Exposition ab. Untersuchungen lassen darauf schließen, dass es keine Konzentrationsschwelle gibt, unter der keinerlei gesundheitliche Auswirkungen zu beobachten sind.

Abbildung 5: Ozonimmissionen 1990 - 2004

Langzeitbelastung in Frankfurt am Main und Königstein/Kleiner Feldberg (seit 2004)
(Mittelwerte)



(HLUG, 2005)

Die Jahresmittelwerte für Ozon betrugen an den Frankfurter Stationen im Jahr 1990 22 µg/m³ und im Jahr 2004 36 µg/m³. An der Waldmessstation in Königstein sind die

Jahresmittelwerte von $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 1990 auf $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2004 (Kleiner Feldberg) angestiegen.

Im Gegensatz zu Schwefeldioxid und den Stickstoffoxiden sind die Ozonkonzentrationen an der Reinluftstation Königstein oder Kleiner Feldberg im Taunus deutlich höher als im Stadtgebiet von Frankfurt am Main. Diese ungewöhnliche Verteilung ist dadurch bedingt, dass der Kfz-Verkehr neben den ozonbildenden Stoffen auch das ozonabbauende Stickstoffmonoxid freisetzt. Im Laufe des Morgens beginnt in den Städten aufgrund des Verkehrsaufkommens die Ozonkonzentration zu steigen und kommt erst dann zum Stillstand, wenn die Sonneneinstrahlung abends aufhört. Nachts wird dann das Ozon durch das reichlich vorhandene Stickstoffmonoxid weitgehend wieder abgebaut. Große Teile des in der Stadt gebildeten Ozons werden mit dem Wind ins Umland transportiert. Je weiter man sich aber von den Städten entfernt, desto geringer ist die Konzentration an ozonabbauendem Stickstoffmonoxid, und es dauert länger, bis Ozon wieder abgebaut ist.

Tabelle 13: Ozonimmissionen in Frankfurt am Main und Königstein/Kleiner Feldberg 1990 – 2004

Jahr	Ozon (O ₃) in µg/m³ Jahresmittelwerte			Anzahl der Tage, an denen 180 µg/m³ Ozon überschritten wurden (1h- Mittel)			Anzahl der gleitend berechneten 8h-Werte >120 µg/m³ ⁹					
							Frankfurt am Main				Königstein / Kl. Feldb. (seit 2004)	
	Frankfurt a. M.		Königstein / Kl. Feldb. (seit 2004)				Höchst		Ost			
	Höchst	Ost		Höchst	Ost	im Jahr	Mittelung über 3 Jahre	im Jahr	Mittelung über 3 Jahre	im Jahr	Mittelung über 3 Jahre	
1990	23	21	45	1	3	9	5	8	9	4	32	17
1991	20		40	0	0	3	0	8	2	5	7	16
1992	23	29	53	6	5	15	14	6	28	13	62	34
1993	24	29	49	2	6	8	13	9	21	17	32	34
1994	29	35	56	10	13	13	25	17	37	29	47	47
1995	28	33	60	9	11	23	24	21	32	30	57	45
1996	31	29	56	7	0	7	22	24	10	26	31	45
1997	31	30	54	2	0	3	21	22	12	18	36	41
1998	30	30	55	5	3	4	18	20	17	13	32	33
1999	31	34	59	0	0	1	6	15	10	13	41	36
2000	28	30	51	0	1	3	9	11	12	13	25	33
2001	30	37	52	2	5	8	16	10	36	20	33	33
2002	33	37	52	1	0	1	6	10	19	23	10	23
2003	38	43	64	8	11	13	30	17	58	38	65	36
2004	34	38	66	3	2	4	16	17	19	32	35	--

(HLUG, 2005)

Da sich die Ozonproblematik vor allem in kurzzeitigen Spitzenkonzentrationen darstellt, werden neben dem Jahresmittelwert die maximalen Stundenmittelwerte und die 8-Stunden-Mittelwerte der einzelnen Tage betrachtet.

Als Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit soll nach der EU-Richtlinie 2002/3/EG für Ozon, die in der 33. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 13.07.2004 in deutsches Recht übernommen worden ist, ab 2010 der Wert $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages nicht häufiger als an 25 Tagen

⁹ darf nicht öfter als an 25 Tagen pro Jahr überschritten werden, gemittelt über drei Jahre.

pro Kalenderjahr überschritten werden, gemittelt über 3 Jahre. Diese Anforderung aus der EU-Richtlinie wurde 2004 an der Station in Höchst eingehalten. In Frankfurt-Ost wurde die Bedingung nicht eingehalten.

Nach der EU-Richtlinie 2002/3/EG für Ozon wird die Bevölkerung ab $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stunden-Mittelwert) unterrichtet und empfindlichen Personen wird von längeren und besonders anstrengenden Tätigkeiten im Freien abgeraten. Zwischen 1990 und 2004 war die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen der Wert $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ozon überschritten worden ist, sowohl an den Frankfurter Stationen als auch in Königstein bzw. auf dem Kleinen Feldberg im Taunus aufgrund der Witterungsverhältnisse sehr unterschiedlich. Im Vergleich zu den Vorjahren und zum Jahr 2004 war die Ozonbelastung im Jahr 2003 deutlich höher. Das gehäufte Auftreten von Schwellenwertüberschreitungen während der Hitzeperiode im Jahr 2003 war Folge der für die Ozonbildung im Vergleich zu den vorangegangenen Sommern günstigeren meteorologischen Bedingungen. In der Ozonepisode vom 1. bis 14. August 2003 herrschten für die Ozonbildung und -anreicherung sehr lang anhaltend günstige meteorologische Bedingungen, so dass sich ein hoher Sockel an Ozon anreichern konnte, auf dem sich die Spitzen mit Schwellenwertüberschreitungen aufsetzten. Eine solch außergewöhnliche Wettersituation wurde seit 1990 erstmals 2003 beobachtet, so dass der Ozonsommer 2003 diesbezüglich eine besondere Rolle einnimmt. Bundesweit traten 78 % der Überschreitungsstunden von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Sommer 2003 während der Ozonepisode vom 01.-14.08.2003 auf. Es besteht ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen Ozonmaxima und Temperaturmaxima, denn erst ab Temperaturen von über 30°C steigen die Zahl der maximalen einstündigen Ozonwerte über $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und auch ihre Höhe deutlich an (UBA, 2003).

Nach der EU-Richtlinie 2002/3/EG und der 33. BImSchV ist die Alarmschwelle für Ozon mit $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 1-Stunden-Mittelwert definiert. Bei Überschreiten der Schwelle müssen die Mitgliedstaaten geeignete Maßnahmen zur Reduzierung der Ozonkonzentrationen ergreifen (z.B.: Einschränkung oder Aussetzung bestimmter Tätigkeiten, einschließlich des Kfz-Verkehrs sowie Maßnahmen, die den Betrieb von Industrieanlagen oder die Verwendung von Erzeugnissen betreffen). Zwischen 1992 und 1995 wurde der Grenzwert bis zu dreimal pro Jahr überschritten; von 1996 – 2002 wurde er in Frankfurt am Main nicht mehr überschritten. Im Jahr 2003 wurde der Wert $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Frankfurt-Ost fünfmal und in Königstein sechsmal überschritten. Bundesweit traten 99 % der Überschreitungen von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ während der Ozonepisode vom 01.-14.08.2003 auf (UBA, 2003). 2004 wurde der Wert $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ weder in Frankfurt am Main noch auf dem Kleinen Feldberg überschritten. Nach der 33. BImSchV erstellt die Bundesregierung nach Anhörung der Länder und der beteiligten Kreise ihr Programm mit dauerhaften Maßnahmen zur Verminderung der Ozonkonzentration.

4.4 Benzol (C₆H₆)

Benzol ist Ausgangsstoff für eine Vielzahl von Produkten wie Kunststoffe (z. B. Polystyrol), Harze, Pflanzenschutzmittel, Farbstoffe oder Waschmittel. Benzol entsteht bei der Raffination von Erdöl und ist in Kraftstoffen enthalten. Benzol wird überwiegend durch die Atemwege aufgenommen, verteilt sich rasch im Körper und kann sich im Fettgewebe anreichern. In höheren Konzentrationen kann es zu akuten Störungen des Nervensystems und zu irreversiblen Schädigungen der blutbildenden Organe, Chromosomenschäden aber auch zu Blutkrebs führen. Auch bei niedrigen Konzentrationen können Knochenmark, Leber und Zentralnervensystem geschädigt werden.

Katalysatoren reduzieren Benzolemissionen um ca. 90 %. Die Einführung von Gaspendelungsverfahren an Tankstellen und die Reduzierung des Benzolgehaltes im Kraftstoff sind darüber hinaus effektive Maßnahmen, die Benzolemissionen und damit auch die Benzolkonzentration in der Luft zu senken.

Grundsätzlich kann für Benzol auf Grund seiner krebserzeugenden Wirkung kein Grenzwert angegeben werden unterhalb dessen eine gesundheitliche Gefährdung auszuschließen ist. Nach der Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments vom 16.11.2000 beträgt der Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Benzol 5 µg/m³ (gültig ab 2010).

Tabelle 14: Benzolemissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen in t/a

	Ist-Situation 2000	Prognosenußfall 2015 (ohne Ausbau)	Planungsfall 2015 (mit Ausbau)
Flugverkehr (bis ca. 300 m)	11,4	8,2	11,1
Hilfsaggregate der Flugzeuge	0,4	0,5	0,6
Probe-/Standläufe	0,2	0,1	0,1
Quellen Flughafen (Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände)	2,2	1,3	1,7
Kfz-Nahbereich ¹⁰	1,3	0,4	0,5
induz. Kfz-Umland ¹¹	19	10,9	12,6
Gesamt	34,5	21,4	26,6

(Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main 2005, Band C, G1 UVS und LBP – Teil II. Vorhaben und Projektwirkungen, ARGE Baader-Bosch, S. 35)

Nach den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main verursachen die flughafenbezogenen Quellgruppen etwa 35 t Benzol. Im Planungsfall beträgt die Summe ca. 27 t pro Jahr. Die Rückgänge sind dem Kfz-Verkehr zuzuordnen.

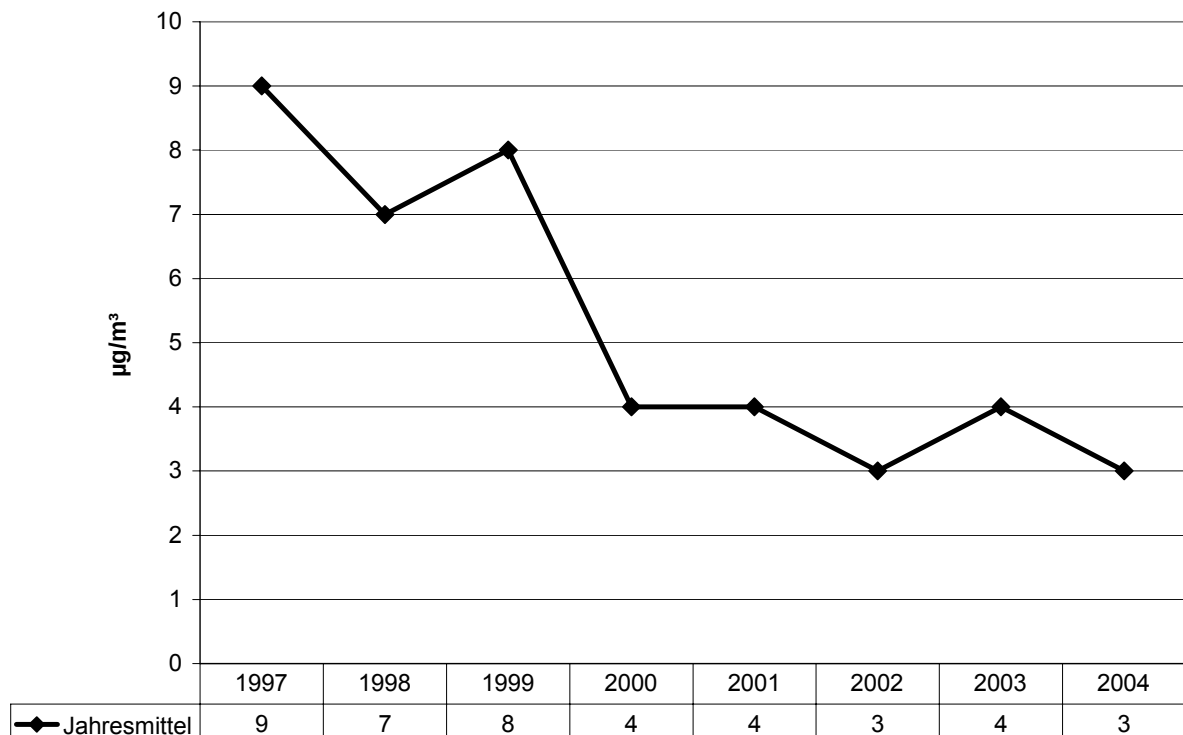
¹⁰ Kfz-Verkehr auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens – diese Quellgruppe beinhaltet zu einem geringen Teil (ca. 21 % der Jahresfahrleistung in der Ist-Situation, ca. 20 % im Prognosenußfall, ca. 17 % im Planungsfall) auch nicht-flughafeninduzierten Durchgangsverkehr.

¹¹ Flughafeninduzierter Kfz-Verkehr im Umland in einem Betrachtungsraum von 75 x 71 km.

Für das Stadtgebiet von Frankfurt am Main liegen keine Angaben zur Benzolemission vor.

Kontinuierlich wird Benzol vom HLUG in Frankfurt am Main nur in der Friedberger Landstraße, einer typischen Straßenschlucht mit dichter Bebauung und hohem Verkehrsaufkommen (ca. 34.000 Kfz pro Tag), gemessen.

Abb. 6: Benzolmissionen in der Friedberger Landstraße von 1997 – 2004 (Jahresmittelwerte)



(HLUG, 2005)

Der aktuell gültige EU-Grenzwert für die Langzeitbelastung plus Toleranzmarge von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in der Friedberger Landstraße seit 1997 nicht mehr überschritten. Der EU-Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der erst ab 2010 gilt, wurde im Jahr 2000 erstmals unterschritten. 2004 betrug der Jahresmittelwert in der Friedberger Landstraße $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.5 Stickstoffdioxid (NO₂)

Stickstoffoxide entstehen nahezu ausschließlich bei Verbrennungsvorgängen in Anlagen und Motoren durch Oxidation des in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs. Sie werden überwiegend als Stickstoffmonoxid emittiert und anschließend in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxid oxidiert. Ein relativ geringer prozessbedingter Anteil ist vornehmlich dem Bereich Chemie (Salpetersäureherstellung) zuzuordnen.

Stickstoffoxide greifen die Schleimhäute der Atmungsorgane an und begünstigen Atemwegserkrankungen. Sie tragen in der Atmosphäre zur Bildung von Ozon und anderen Photooxidantien und damit auch zur Ausbildung des photochemischen Smogs bei. Stickstoffoxide können Pflanzenschäden verursachen.

Von 1990 bis 2000 war bundesweit ein Rückgang der Emissionen von 2.729 kt auf 1.600 kt zu verzeichnen. Dieser Rückgang erfolgte in allen Emittentengruppen, mengenmäßig am deutlichsten jedoch beim Kfz-Verkehr (- 38 %). Hier konnten die Stickstoffoxidemissionen durch die Katalysatorteknik beim Ottomotor deutlich gemindert werden. Weitere Ursachen für den Emissionsrückgang sind der Einsatz emissionsärmerer Brennstoffe sowie die Folgen der wirtschaftlichen Umstrukturierung in den neuen Bundesländern (UBA, 2002). Von den im Jahr 2000 in Deutschland emittierten 1.600 kt Stickstoffdioxid wurden 49 % durch den Straßenverkehr, 15 % durch Kraft- und Fernheizwerke, 14 % durch die Industrie, 8 % durch den übrigen Verkehr¹², 5 % durch die Haushalte, 7 % durch die Kleinverbraucher und 1 % von der Landwirtschaft freigesetzt (UBA, 2002).

Um geltendes europäisches Recht einzuhalten, müssen die Stickstoffoxidemissionen in der Bundesrepublik Deutschland auch in den kommenden Jahren weiter reduziert werden. Nach der Richtlinie 2001/81/EG der Europäischen Union über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe und der 33. BImSchV darf Deutschland im Jahr 2010 nicht mehr als 1.051 kt Stickstoffoxide emittieren. D. h. die Stickstoffoxidemissionen müssen, im gleichen Umfang wie Schwefeldioxid, um etwa 35 % (entspricht 549 t) reduziert werden.

Auch in Frankfurt am Main war der Kfz-Verkehr im Jahr 2000 nach Auskunft des HLUG der Hauptverursacher für Stickstoffdioxidemissionen (63 %), in weitem Abstand gefolgt von der Industrie (23 %) und den Gebäudeheizungen (14 %).

Tabelle 15: Stickstoffdioxidemissionen in Frankfurt am Main

Quelle	NO ₂ in t/a	NO ₂ in %
Kfz-Verkehr 2000	5.674	63
Industrie 2000	2.110	23
Gebäudeheizung 2000	1.279	14
Summe	9.063	100

(HLUG, 2003)

Hauptverursacher der Stickstoffoxide in Frankfurt am Main ist zwar bisher der Straßenverkehr, aber auch der Flughafenbetrieb sowie der dadurch hervorgerufene Kfz-Quell- und Zielverkehr verursachen eine erhebliche Immissionsbelastung. Unter den vom Flugverkehr emittierten Massenschadstoffen sind die Stickstoffoxide die kritischste Komponente.

¹² Land-, Forst- und Bauwirtschaft, Militär-, Schienen-, Küsten- und Binnenschiffsverkehr, Luftverkehr

Tabelle 16: Stickstoffoxidemissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen in t/a

	Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015 (ohne Ausbau)	Planungsfall 2015 (mit Ausbau)
Flugverkehr (bis ca. 300 m)	2.153	3.296	4.493
Hilfsaggregate der Flugzeuge	218	256	325
Probe-/Standläufe	46	83	156
Quellen Flughafen (Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände)	298,4	105,2	167,5
Kfz-Nahbereich ¹³	93,8	38,7	47
induz. Kfz-Umland ¹⁴	1.322	676	787
Gesamt	4.131,2	4.454,9	5.975,5
Umland – gesamt – Kfz-Verkehr und stationäre Quellen (75 x 71 km)	58.092	36.416	36.552

(Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main 2005, Band C, G1 UVS und LBP – Teil II. Vorhaben und Projektwirkungen, ARGE Baader-Bosch, S. 34)

Nach den Planfeststellungsunterlagen verursachen die flughafenbezogenen Quellgruppen (Flugverkehr, Hilfsaggregate, Probe-Standläufe, Quellen Flughafen, Kfz-Nahbereich und induzierter Kfz-Verkehr Umland) in der Ist-Situation bereits 4.131,2 t Stickoxide (NO_x) pro Jahr. Im Prognosenullfall erhöht sich die Emissionsmenge auf 4.454,9 t und im Planungsfall auf 5.975,5 t NO_x pro Jahr. Im Vergleich zur Ist-Situation 2000 steigt die Stickoxidemission durch den Flughafenausbau im Planungsfall 2015 um 1.844,3 t an. Allein die NO_x-Emission der Quelle „Flugverkehr“ würde sich im Ausbaufall gegenüber der Ist-Situation um 2.340 t erhöhen und damit mehr als verdoppeln.

Das Umland (75 x 71 km) verursacht insgesamt, einschließlich flughafeninduziertem Kfz-Verkehr („induz. Kfz-Umland“), in der Ist-Situation 58.092 t Stickoxide, im Prognosenullfall 36.416 t und im Planungsfall 36.552 t.

Anteilig betrachtet verursachen die flughafenbezogenen Quellgruppen im Vergleich zum Umland (gesamt) in der Ist-Situation 7 %, im Prognosenullfall 12 % und im Planungsfall 16 % der Stickstoffoxidemissionen. Die Zahlen verdeutlichen, wie stark zukünftig die Stickstoffoxidbelastung im Rhein-Main-Gebiet durch die Emissionen des Flughafens beeinflusst wird.

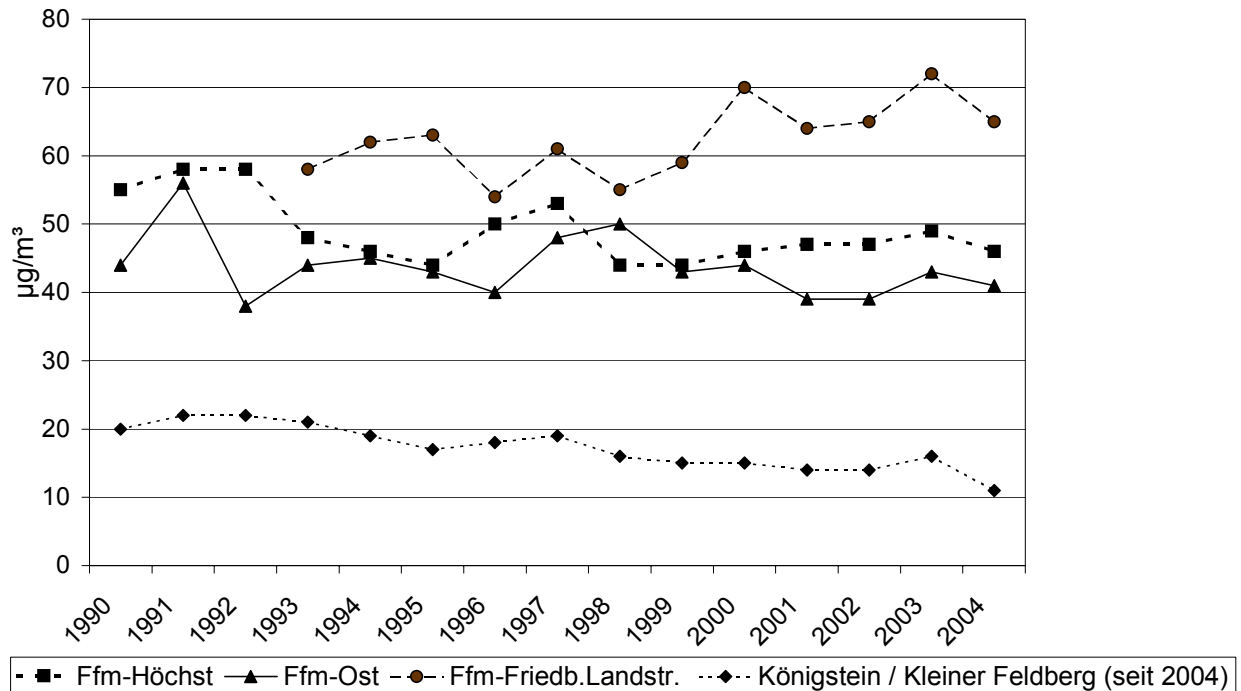
Durch die Weiterentwicklung der Motortechnologie wird beim Kfz-Verkehr ein deutliches Minderungspotential erwartet, wodurch sich die Gesamtemission der Stickstoffoxide deutlich reduziert. Dies dokumentiert auch die Stickoxidemissionsreduktion im Umland in den Szenarien Prognosenullfall und Planungsfall. Anteilig wird dadurch der Beitrag des Flughafens zukünftig sehr stark ansteigen.

¹³ Kfz-Verkehr auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens – diese Quellgruppe beinhaltet zu einem geringen Teil (ca. 21 % der Jahresfahrleistung in der Ist-Situation, ca. 20 % im Prognosenullfall, ca. 17 % im Planungsfall) auch nicht-flughafeninduzierten Durchgangsverkehr.

¹⁴ Flughafeninduzierter Kfz-Verkehr im Umland in einem Betrachtungsraum von 75 x 71 km.

Die Grenzwerte für Stickstoffdioxid dürfen durch den Ausbau des Flughafens nicht überschritten werden. Bereits heute ist der Flughafen größter Einzelemittent lokal bzw. regional verursachter Luftbelastungen. Zur Reduzierung der durch den Flughafenbetrieb verursachten Luftschadstoffemissionen muss der Vorhabenträger als wesentlicher Verursacher einen Handlungsplan für geeignete Maßnahmen entwickeln und umsetzen und ein geeignetes Monitoring durchführen.

Abbildung 7: Stickstoffdioxidimmissionen 1990 - 2004
Langzeitbelastung in Frankfurt am Main und Königstein/Kleiner Feldberg (seit 2004)
(Mittelwerte)



(HLUG, 2005)

Die Stickstoffdioxidkonzentrationen sind im Stadtgebiet von Frankfurt am Main mit starken Schwankungen weitgehend gleichbleibend. Die NO_2 -Konzentration betrug an den beiden städtischen Stationen 1990 im Mittel $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und im Jahr 2004 im Mittel $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Konzentration an der verkehrsbezogenen Station in der Friedberger Landstraße war bedingt durch die Nähe zum Kfz-Verkehr höher ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2004). An der emittentenfernen Station Kleiner Feldberg wurden 2004 mit $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die niedrigsten NO_2 -Konzentrationen gemessen. Im Vergleich zum Vorjahr sind die NO_2 -Konzentrationen an allen dargestellten Messstationen gesunken.

Die Bewertung der NO_2 -Belastung wird durch die im April 1999 verabschiedete EU-Richtlinie 1999/30/EG verschärft. Der Grenzwert plus Toleranzmarge für die Beurteilung von Jahresmittelwerten der NO_2 -Konzentration betrug in den Jahren 1999 und 2000 $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Toleranzmarge wird schrittweise geringer und der Grenzwert plus Toleranzmarge betrug 2004 noch $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ab 2010, nach Aufhebung der Toleranzmarge, beträgt der Grenzwert $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In der Friedberger Landstraße wurde der EU-Grenzwert plus Toleranzmarge von $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit gemessenen $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2004 deutlich überschritten. Damit macht die aktuelle Luftbelastung in der Frankfurter Innenstadt die Aufstellung eines Luftreinhalteplanes zur Senkung der Stickstoffdioxidbelastung erforderlich. Es ist

davon auszugehen, dass auch in anderen stark verkehrsbelasteten Straßen mit mangelnder Durchlüftung durch geschlossene Bebauung Grenzwertüberschreitungen auftreten.

Für Stickstoffdioxid wurde auch ein 1-Stunden-EU-Grenzwert definiert. Danach durfte 2004 der Grenzwert plus Toleranzmarge von $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 18mal pro Jahr überschritten werden. In der Friedberger Landstraße wurde der Grenzwert plus Toleranzmarge im Jahr 2004 einmal überschritten. Im Vergleich zum Vorjahr ist die Kurzzeitbelastung damit gesunken. Der höchste im Jahr 2004 in der Friedberger Landstraße gemessene Einstundenmittelwert betrug $264 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ab 2010 gilt für den 1-Stunden-Grenzwert die Bedingung, dass $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 18mal pro Jahr überschritten werden dürfen. Diese Bedingung wurde im Jahr 2004 an der Friedberger Landstraße mit 4 Überschreitungen des Wertes eingehalten. In Höchst und Ost wurden $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2004 nicht überschritten. Die maximalen 1-Stunden-Mittelwerte betrugen in Höchst und Ost $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Während zum aktuellen Zeitpunkt der ab 2010 geltende Grenzwert für das Jahresmittel von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an allen Frankfurter Stationen überschritten wird, wird die Bedingung für den 1-Stunden-Grenzwert bereits eingehalten.

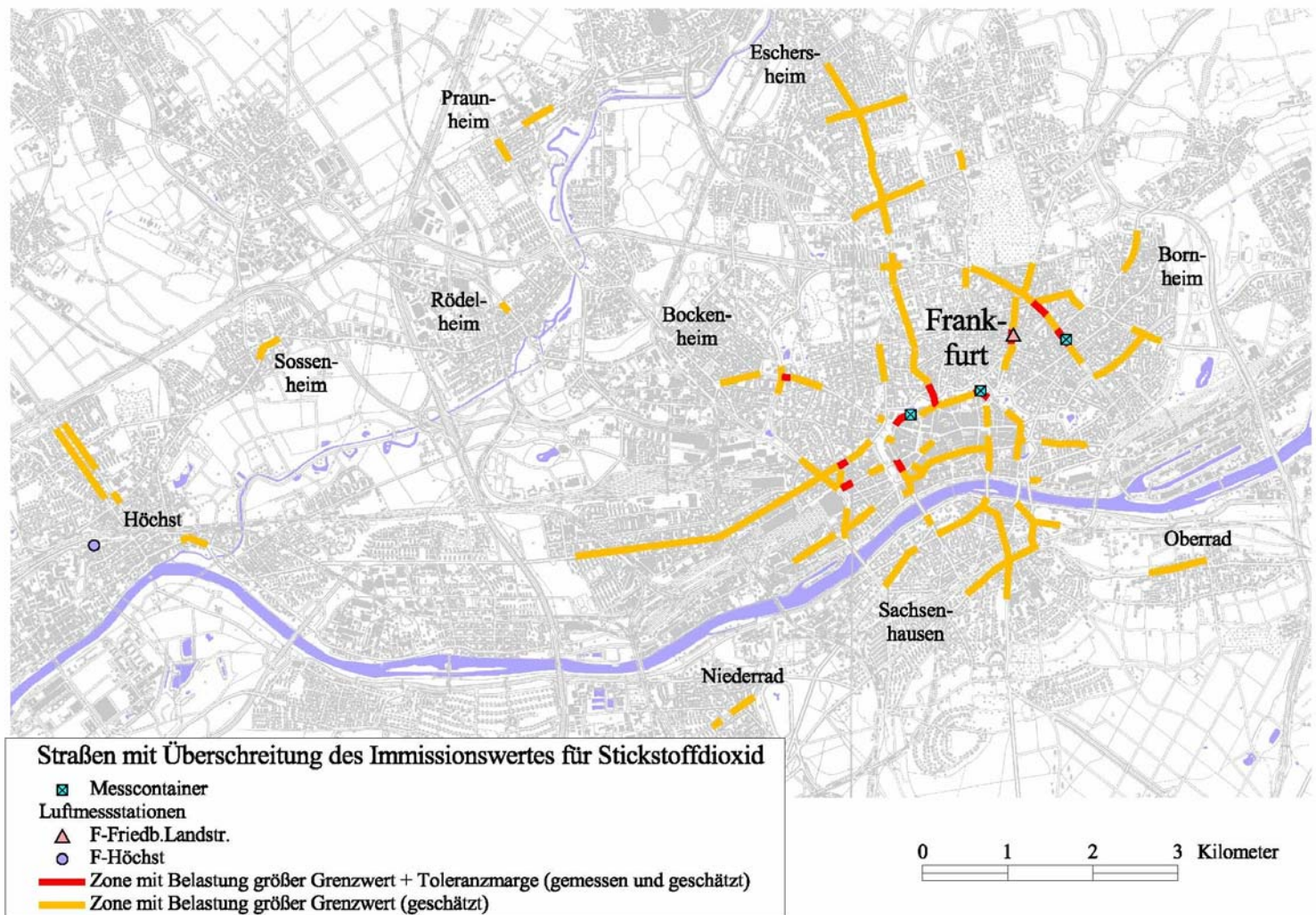
Tabelle 17: Stickstoffdioxidimmissionen in Frankfurt am Main und Königstein/Kleiner Feldberg 1990 - 2004

Jahr	Stickstoffdioxid (NO ₂) in µg/m ³ - Jahresmittelwerte					Anzahl der Überschreitungen der 1h-Mittelwerte				1h-Mittelwert ¹⁵	
	Frankfurt am Main			Königstein / Kl. Feldberg (seit 2004)	Grenzwert	Frankfurt am Main			Königstein / Kl. Feldberg (seit 2004)		Grenzwert in µg/m ³
	Höchst	Ost	Friedb. Ldstr.			Höchst	Ost	Friedb. Ldstr.			
1990	55	44		20							
1991	58	56		22							
1992	58	38		22							
1993	48	44	58	21							
1994	46	45	62	19							
1995	44	43	63	17							
1996	50	40	54	18							
1997	53	48	61	19							
1998	44	50	55	16							
1999	44	43	59	15	60	0	0	0	0	300	
2000	46	44	70	15	60	0	0	0	0	300	
2001	47	39	64	14	58	0	0	0	0	290	
2002	47	39	65	14	56	0	0	0	0	280	
2003	49	43	72	16	54	0	0	8	0	270	
2004	46	41	65	11	52	0	0	1	0	260	

(HLUG, 2005)

¹⁵ darf nicht öfter als 18mal im Jahr überschritten werden

Abbildung 8: Straßen mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für Stickstoffdioxid in Frankfurt am Main



(Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, 2005: Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main, S. 27)

In der Abbildung aus dem Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main (S. 27) ist das wahrscheinliche Überschreitungsgebiet des Immissionsgrenzwertes von Stickstoffdioxid dargestellt.

Der im Jahr 2002 gültige Jahresgrenzwert plus Toleranzmarge von $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde nach Einschätzung des HLUG in den rot markierten Straßenabschnitten überschritten. Der ab 2010 gültige Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde nach Einschätzung des HLUG im Jahr 2002 in den gelb markierten Straßenabschnitten überschritten. Die Abbildung dokumentiert, dass nicht nur für die Friedberger Landstraße, für die Messergebnisse vorliegen, Maßnahmen zur Reduzierung der Luftbelastung entwickelt werden müssen. Der gesamte Innenstadtbereich und die stark verkehrsbelasteten Einfallstraßen sind von hohen

Stickstoffdioxidkonzentrationen betroffen.

4.6 Partikel (PM₁₀)

PM₁₀ (Particulate Matter) sind kleine Schwebeteilchen mit einem Durchmesser von höchstens 10 Mikrometern.

Emissionsrelevant sind der gesamte Verkehrsbereich, sämtliche Verbrennungsvorgänge sowie bestimmte Prozesse, denen vorrangig der Umschlag von Schüttgütern und die Produktionsprozesse in den Bereichen Eisen und Stahl sowie Steine und Erden zuzurechnen sind (UBA, 2002). Partikel werden auch aus Gasen (z. B. Stickoxiden, Schwefeloxiden, Ammoniak) gebildet und haben natürliche Quellen (z. B. Bodenerosion, Sandstürme, Vulkane, maritimes Aerosol, Waldbrände, Pollen). Hauptverursacher für lokale Spitzen ist der Verkehr.

Der Beitrag zur Partikelbelastung variiert von Ort zu Ort.

Nach Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Vortrag Dr. Lahl am 23.05.2005 in Goslar) beträgt der Emissionsanteil des Verkehrs bei Partikeln einschließlich Abrieb an Reifen und Bremsen über 25 %. In stark verkehrsbelasteten Straßen (Hot Spots) werden 40 – 60 % der Partikelimmissionen durch den Verkehr verursacht.

Einer der Gründe, warum Partikelbestandteile so besorgniserregend sind, besteht darin, dass es offenbar keine Konzentrationsschwelle gibt, unter der sie harmlos sind. Auf welche Weise die Schäden genau entstehen, ist noch immer nicht bekannt. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass lungengängige Staubpartikel (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner 10 Mikrometer, μm) gesundheitsgefährdend sind und zu Erkrankungen der Atemwege führen können bzw. Atembeschwerden wie Asthma noch verschlimmern. Jüngsten Untersuchungen zufolge könnten gerade die kleinen Partikel mit einem Durchmesser unter $2,5 \mu\text{m}$ oder weniger am schädlichsten für die Gesundheit sein. Die ultrafeinen Teilchen können durch die Lunge in die Blutbahn, ins Gewebe und den ganzen Körper gelangen. Deshalb gibt es zwei unterschiedliche Gesundheitseffekte – in den Atemwegen selbst und in anderen Organen – insbesondere im Herzen. Je kleiner die Teilchen, umso größer sind die Schäden, die sie potenziell anrichten (UBA, 2004: Feinstaubmagazin, S. 5).

Außerdem hängen die Auswirkungen auch von der chemischen Zusammensetzung oder physikalischen Merkmalen der Partikel ab.

Untersuchungen in der ersten Hälfte der 90er Jahre an Schulkindern zeigen, dass in städtischen Gebieten mehr Atemwegserkrankungen und Allergien als in ländlichen Gebieten auftreten, was unter anderem auf die höhere Luftverunreinigung der städtischen Gebiete durch Partikel zurückgeführt werden könnte (UBA, 2001).

Folgende Krankheitssymptome werden den Partikeln zugeordnet: Husten, chronischer Husten, Bronchitis, Herz-Lungen-Probleme (kardiovaskuläre Effekte), Verschlechterung der Lungenfunktionsmesswerte (vor allem bei Kindern), Lungenkrebs, Verkürzung der Lebenserwartung (BMU, Lahl, 2005: Feinstaub, S. 17).

Nach einer Studie des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit Nordrhein-Westfalen (APUG) beträgt das Todesfallrisiko pro Jahr auf einer Vergleichsbasis von 10.000 Einwohnern

- 0,84 Getötete bei Verkehrsunfällen und
- 4 Todesfälle im Zusammenhang mit andauernd hohen Luftschadstoffbelastungen (hier: pro 10 µg/m³ PM₁₀) (BMU, Lahl, 2004: Verkehrsbeschränkungen als rechtlich zulässige Handlungsmöglichkeiten der Luftreinhaltepolitik, S. 15)

Zur Zeit muss davon ausgegangen werden, dass in Deutschland zwischen 10.000 und 19.000 Menschen vorzeitig an Ruß-Abgasen sterben (Atemwegs- und Herz-Kreislaufkrankungen und Lungenkrebs) – das sind mehr als doppelt so viele Tote wie durch Unfälle im Straßenverkehr. Besonders gefährdet sind Kleinkinder, Menschen mit geschwächter Immunabwehr und Alte. Die Lebenserwartung aller Deutschen sinkt nach neuesten Schätzungen wegen der Feinstaubbelastung um 9 Monate, ein bis drei Monate gehen auf das Konto des Diesel-Smogs (UBA, 2004: Feinstaubmagazin, S. 4).

Diesen Erkenntnissen tragen die Beschlüsse der Europäischen Union zur Verbesserung der Luftqualität Rechnung. So wurden in der 1. EG-Tochterrichtlinie zur Luftqualität (1999/30/EG) unter anderem Immissionsgrenzwerte für Partikel festgelegt. Seit dem 1. Januar 2005 gelten die Grenzwerte für Partikel in der EU. Das bedeutet, dass die Mitgliedstaaten die Einhaltung der Luftgrenzwerte sicherstellen müssen.

Vor diesem Hintergrund wurde die kontinuierliche Überwachung der Schwebstaubbelastung des HLUG mit Beginn des Jahres 2000 auf die Erfassung der so genannten „PM₁₀-Fraktion“ (Particulate Matter ≤ 10 µm) umgestellt. Für die Jahre 1990 bis 1999 wurde die PM₁₀-Fraktion aus den zuvor gemessenen Gesamtschwebstaubwerten berechnet. Die Schwebstaubkomponente PM₁₀ macht im Mittel ca. 80 % der Masse des Gesamtstaubs aus.

Von 1990 bis 2002 war ein Rückgang der Staubemissionen von 1.883 kt (Kilotonnen)¹⁶ um etwa 1.674 kt auf 209 kt (ohne Aufwirbelung und Abrieb) zu verzeichnen (UBA, 2005: Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub, S. 5). Diese Minderung wurde überwiegend durch die Emissionsentwicklung in den neuen Ländern verursacht. Hier wurden eine Vielzahl veralteter Feuerungs- und Industrieanlagen stillgelegt sowie die vorhandenen Entstaubungsanlagen in den Kraft- und Fernheizwerken kurzfristig in ihrer Wirksamkeit verbessert. Weiteren Einfluss hatte die Umstellung von festen auf emissionsärmere flüssige und gasförmige Brennstoffe insbesondere in den kleineren Feuerungsanlagen.

Da in Deutschland der Kfz-Verkehr eine wichtige Quelle der Schwebstaubemissionen und die Hauptquelle der feinen und ultrafeinen Partikel ist, sind zur Emissionsminderung insbesondere technische Maßnahmen bei den Kfz notwendig. Mit dem Wirksamwerden der Euro-Normen Stufe 4 für Kfz-Emissionen werden sich ab 2005 deutliche Reduzierungen der Partikelemissionen ergeben. Insbesondere die Normen für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge müssen jedoch noch weiter entwickelt werden. Eine entsprechende Fortschreibung der europäischen Standards sollte von deutscher Seite unterstützt werden. Zwischenzeitlich sollte auf nationaler Ebene der Einsatz von Partikelfiltern mit steuerlichen Anreizen gefördert werden (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, 2002, S. 38).

In Frankfurt am Main wurden im Jahr 2000 etwa 45 % der PM₁₀-Fraktion durch den Kfz-Verkehr, 38 % durch die Industrie und 17 % durch Gebäudeheizungen verursacht (HLUG, 2003). Die vom Kfz-Verkehr emittierte Staubemissionsfracht hat sich mit 253 t im Jahr 2000 im Vergleich zum Erhebungsjahr 1995 deutlich reduziert (1995: 307 t/a).

¹⁶ 1 Kilotonne sind 1.000 Tonnen.

Tabelle 18: Partikelemissionen in Frankfurt am Main

Quelle	PM ₁₀ in t/a	PM ₁₀ in %
Gebäudeheizung 2000	93	17
Industrie 2000	215	38
Kfz-Verkehr 2000	253	45
Summe	561	100

(HLUG, 2003)

Durch den Ausbau des Flughafens würden sich auch die Partikelemissionen des Flugverkehrs von 8,7 auf 15,1 t fast verdoppeln. Insgesamt würden sich die Partikelemissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen im Ausbaufall auf insgesamt 45 t pro Jahr reduzieren. Die Reduktion ist dem Kfz-Verkehr zuzuordnen.

Tabelle 19: Partikelemissionen der flughafenbezogenen Quellgruppen in t/a

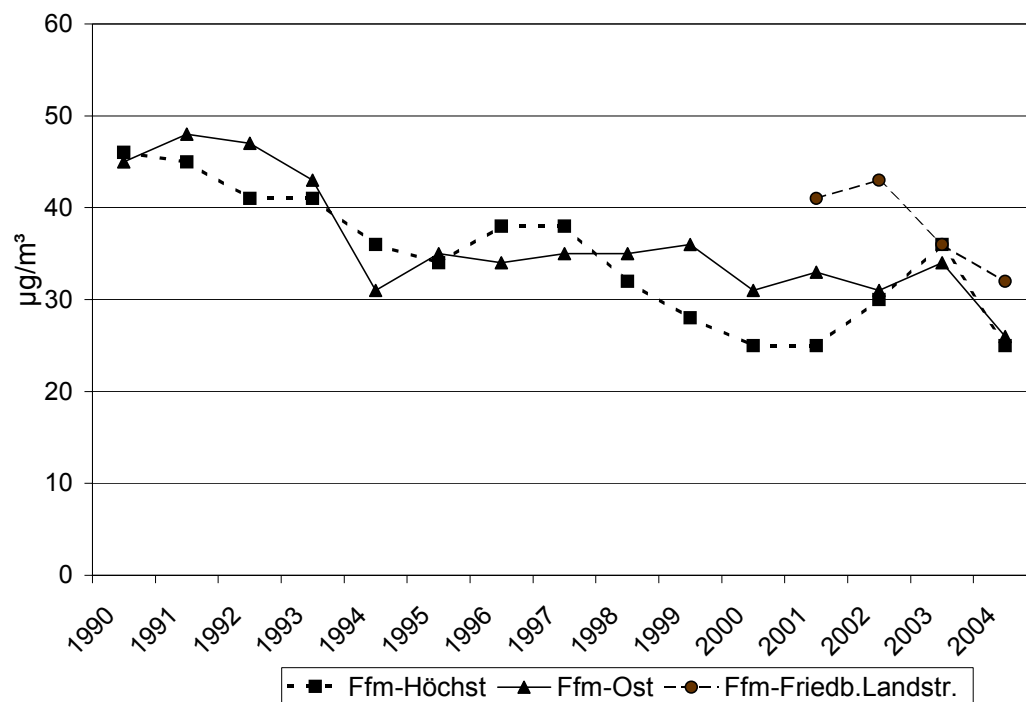
	Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015 (ohne Ausbau)	Planungsfall 2015 (mit Ausbau)
Flugverkehr (bis ca. 300 m)	8,7	11,9	15,1
Hilfsaggregate der Flugzeuge	2,2	2,6	3,2
Probe-/Standläufe	0,2	0,2	0,4
Quellen Flughafen (Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände)	15,7	2,9	4,2
Kfz-Nahbereich ¹⁷	3,9	1,1	1,3
induz. Kfz-Umland ¹⁸	57	18	21
Gesamt	87,7	36,7	45,2

(Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Ausbau Flughafen Frankfurt Main 2005, Band C, G1 UVS und LBP – Teil II. Vorhaben und Projektwirkungen, ARGE Baader-Bosch, S. 36)

¹⁷ Kfz-Verkehr auf den öffentlichen Straßen im Nahbereich des Flughafens – diese Quellgruppe beinhaltet zu einem geringen Teil (ca. 21 % der Jahresfahrleistung in der Ist-Situation, ca. 20 % im Prognosenullfall, ca. 17 % im Planungsfall) auch nicht-flughafeninduzierten Durchgangsverkehr.

¹⁸ Flughafeninduzierter Kfz-Verkehr im Umland in einem Betrachtungsraum von 75 x 71 km.

Abbildung 9: Partikelimmissionen 1990 - 2004
Langzeitbelastung in Frankfurt am Main (Mittelwerte)



(HLUG, 2005)

Tabelle 20: Partikelimmissionen in Frankfurt am Main 1990 - 2004

Jahr	Partikel (PM ₁₀) in µg/m³ Jahresmittelwerte				Anzahl der Überschreitungen der 24h-Mittelwerte			24h- Mittelwert ¹⁹
	Frankfurt am Main			Grenzwert	Frankfurt am Main			Grenzwert in µg/m³
	Höchst	Ost	Friedberger Landstraße		Höchst	Ost	Friedberger Landstraße	
1990	46	45						
1991	45	48						
1992	41	47						
1993	41	43						
1994	36	31						
1995	34	35						
1996	38	34						
1997	38	35						
1998	32	35						
1999	28	36		48	0	14		75
2000	25	31		48	2	4		75
2001	25	33	41	46,4	3	12	26	70
2002	30	31	43	44,8	15	13	49	65
2003	36	34	36	43,2	22	18	36	60
2004	25	26	32	41,6	15	13	32	55

(HLUG, 2005)

¹⁹ darf nicht öfter als 35mal im Jahr überschritten werden

Trotz starker Schwankungen zeigt die Partikelimmissionsbelastung an den Frankfurter Messstationen eine langjährig abnehmende Tendenz. 1990 wurden im Jahresmittel in Frankfurt am Main $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} gemessen, 2004 lag die mittlere Belastung bei $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an den städtischen Stationen und bei $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Verkehrsmessstation. Für den Jahresmittelwert für Partikel (PM_{10}) galt 2004 der EU-Grenzwert plus Toleranzmarge von $41,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Toleranzmarge wird schrittweise reduziert und der Grenzwert für die Langzeitbelastung beträgt ab 2005 noch $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Grenzwert plus Toleranzmarge für Partikel wurde 2004 in Frankfurt am Main unterschritten. Im Vergleich zum Vorjahr ist die mittlere Partikelbelastung an allen drei Stationen gesunken.

In ländlichen Gebieten Deutschlands lagen die Partikelkonzentrationen im Jahresmittel 2001 bei ca. $10 - 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im städtischen Hintergrund bei etwa $20 - 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und verkehrsnah bei $30 - 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (BMU, Lahl, 2005, Feinstaub, S. 6). Die in Frankfurt am Main im Jahr 2001 gemessenen Partikelkonzentrationen entsprechen damit den im Bundesmittel ermittelten Werten.

Für Partikel existieren außerdem Grenzwerte für die Kurzzeitbelastung. Danach durfte im Jahr 2004 der Wert $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert plus Toleranzmarge) nicht öfter als an 35 Tagen pro Jahr überschritten werden. Diese Festlegung wurde, im Gegensatz zum Jahr 2003, eingehalten. An der Station in der Friedberger Landstraße wurde der Wert 32mal überschritten. Dennoch macht die aktuelle Luftbelastung in der Frankfurter Innenstadt die Aufstellung von Maßnahmenplänen zur Senkung der Partikelbelastung erforderlich, da im Jahr 2005 die Toleranzmarge weggefallen ist und damit verbindlich der Wert $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 35mal überschritten werden darf. Im Jahr 2004 ist dieser Wert 47mal überschritten worden. In den Jahren 2001 – 2004 wurde die Bedingung, dass nicht mehr als 35 Überschreitungen stattfinden dürfen, in der Friedberger Landstraße nicht eingehalten. Auch an den beiden Stationen Ost und Höchst wurde der Grenzwert in den vergangenen Jahren zeitweise überschritten.

Tabelle 21: Partikelimmissionen in Frankfurt am Main 2000 - 2004
Anzahl der Überschreitungen des ab 2005 gültigen 24-h-Grenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

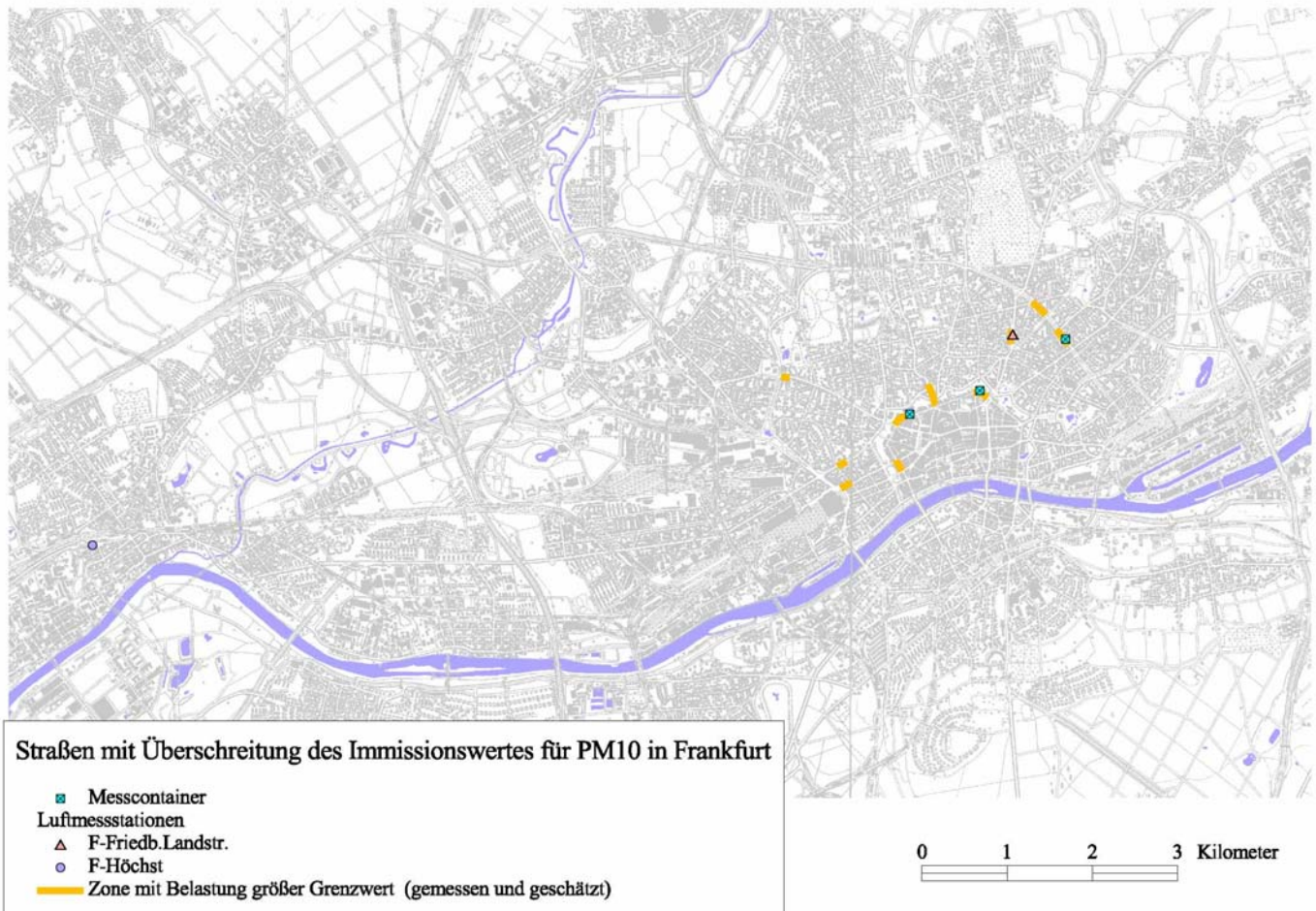
Jahr	Anzahl der Überschreitungen des 24h-Grenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gültig ab 2005) 35 Überschreitungen sind pro Jahr erlaubt		
	Höchst	Ost	Friedberger Landstraße
2000	11	35	--
2001	10	42	68
2002	33	44	95
2003	51	43	70
2004	19	18	47

(HLUG, 2005)

Zum Vergleich: Die Anzahl der Tage mit Tagesmitteln über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lag im Jahr 2001 in ländlichen Gebieten Deutschlands bei ca. $0 - 5$, im städtischen Hintergrund bei etwa $5 - 20$ und verkehrsnah bei $15 - 100$ (BMU, Lahl, 2005, Feinstaub, S. 6).

Um eine Aussage zu treffen, an welchen Stellen im Stadtgebiet mit Grenzwertüberschreitungen gerechnet werden muss, wurde das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie um eine entsprechende Auswertung gebeten: In der nachfolgenden Abbildung des HLUG sind die Straßenabschnitte gelb markiert, in denen wahrscheinlich der ab Januar 2005 geltende Kurzzeitgrenzwert für Partikel überschritten wird. D.h. in den markierten Straßenabschnitten wird vermutlich der Tagesmittelwert häufiger als 35 mal pro Jahr den Wert $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten.

Abbildung 10: Straßen mit Überschreitung des Immissionswertes für Partikel (PM_{10}) in Frankfurt am Main



(HLUG, 2005)

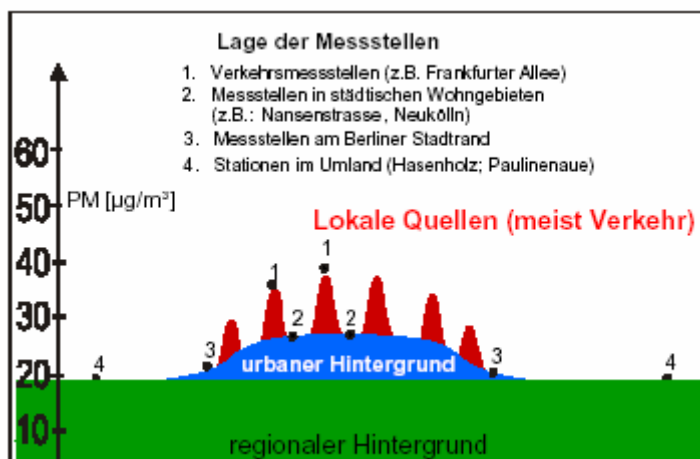
Die Höhe der Partikelbelastung wird in starkem Maß von den meteorologischen Bedingungen geprägt. In den Wintermonaten ist die Emission von Partikeln durch vermehrte Energieproduktion und Heizaktivitäten erhöht. In Verbindung mit über mehrere Tage andauernden winterlichen, windschwachen Hochdruckwetterlagen, bei denen der Luftaustausch der unteren Schicht der Atmosphäre von den darüber liegenden Schichten abgekoppelt ist, kann es zusätzlich zum Ferntransport zu einer Anreicherung der Partikel innerhalb der Grundsicht kommen. Auch bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen kann der Luftaustausch reduziert sein, und dies kann zu einer Zunahme der Partikelbelastung führen (UBA, 2004).

Staubemissionen werden nicht nur aus dem Auspuff der Dieselfahrzeuge, sondern zu einem erheblichen Anteil auch durch Abrieb an Reifen und Straßen- und Kupplungsbelag durch das Abrollen der Räder und durch Staubaufwirbelung freigesetzt. Nach einer Untersuchung von Düring und Lohmeyer aus dem Jahr 2004 wurde für eine Bundesstraße in Karlsruhe festgestellt, dass an einem trockenen Werktag ca. 50 % der PM_{10} -Emissionen durch Auspuffemissionen realisiert werden, ca. 20 % durch Reifenabrieb, weniger als 1 % durch Bremsabrieb und ca. 30 % durch Straßenabriebe und Wiederaufwirbelung von Straßenstaub.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die in den Ballungsraum einströmende Luft bereits stark mit Partikeln belastet ist. Zu dieser Vorbelastung kommt die städtische Hintergrundbelastung und die Immission der im Einzelfall untersuchten Straße hinzu. Aufgrund der hohen Vor- und Hintergrundbelastung können Maßnahmen in den von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Straßen u. U. keine ausreichenden Erfolge erzielen. Insbesondere bei den Partikeln wird somit die eingeschränkte Handlungsmöglichkeit der Kommunen deutlich. Eine zukünftige Luftreinhaltestrategie in Europa muss daher auf einer angemessenen Kombination von Maßnahmen auf europäischer, nationaler und lokaler Ebene beruhen. So sind ökonomische und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Deutschland nötig, die stärkere Anreize und Vorteile für die Benutzer umweltfreundlicher Fahrzeuge bringen, damit abgasmindernde Fahrzeugtechnologien schneller verbreitet werden.

Die nachfolgende Abbildung aus Luftreinhalte- und Aktionsplan für Berlin 2005 - 2010 (Seite 11) verdeutlicht die Herkunft der Partikelbelastung. Sie zeigt eine großräumige regionale Hintergrundbelastung, die außerhalb der Stadt relativ gleichmäßig verteilt ist. Darauf addiert sich der durch Berliner Schadstoffquellen verursachte Teil der Partikelbelastung (Quellen: Verkehr, Kraftwerke, Industrie, Wohnungsheizungen). An stark verkehrsbelasteten Standorten werden lokal Spitzenwerte (wie z. B. in der Frankfurter Allee in Berlin) gemessen.

Abbildung 11: Schema der Anteile der Feinstaubbelastung in Berlin und Umgebung



(Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2005: Luftreinhalte- und Aktionsplan für Berlin 2005 – 2010, S. 11)

Zwischen dem Jahresmittelwert an einer Station und der Anzahl der Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ besteht ein enger statistischer Zusammenhang. Mehr als 35 Überschreitungen des Tagesgrenzwertes sind statistisch dann zu erwarten, wenn der Jahresmittelwert größer als $31,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

ist. Die Einhaltung des Luftqualitätskriteriums „Überschreitung des Tagesgrenzwertes“ erfordert damit schärfere Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität als der Jahresgrenzwert (UMK, 2004: Partikelemissionen des Straßenverkehrs, S. 23). In der Friedberger Landstraße wurde 2004 ein Jahresmittel von $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Mit einer Grenzwertüberschreitung des Tagesmittelwertes muss daher 2005 gerechnet werden. Aktuell haben bereits 28 Überschreitungen (Stand: 27.06.2005) in der Friedberger Landstraße stattgefunden.

Die Anzahl der Überschreitungen des Feinstaubtagesmittelwertes im Bundesvergleich ist unter folgender Internetadresse abrufbar <http://www.env-it.de/luftdaten/trsyear.fwd>. In anderen Großstädten Deutschlands wurde der Tagesmittelwert ebenfalls bereits vielfach überschritten. Die Bundesländer gehen davon aus, dass ohne Einleitung einschneidender Maßnahmen in ca. 70 - 120 Kommunen in Deutschland im Jahr 2005 mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes für Feinstaub zu rechnen ist. In 30 Städten wird auch eine Überschreitung des Jahresgrenzwertes erwartet (UBA, 2004, Feinstaubmagazin, S. 10).

5 Motorisierter Straßenverkehr

Die Emissionen der Kraftfahrzeuge sind nach wie vor eine der Hauptursachen der Luftverunreinigungen - und der Straßenverkehr wächst weiter. So ist auch in den nächsten Jahren ein Anstieg des Verkehrsaufkommens auf der Straße zu erwarten.

Entsprechend dem bundesweiten Trend nimmt auch in Frankfurt am Main der Kfz-Bestand permanent zu. In rund 50 Jahren ist die Anzahl der Kraftfahrzeuge (Pkw, Lkw, Krafträder) von 32.078 im Jahr 1950 auf 381.019 im Jahr 2002 angestiegen.

Von den etwa 650.000 Einwohnern der Stadt Frankfurt am Main besitzt heute jeder zweite einen Pkw. 1970 hatte erst etwa jeder vierte Frankfurter und 1961 etwa jeder siebte Frankfurter einen Pkw.

Am 1. Januar 2003 waren in Frankfurt am Main 332.630 Personenkraftwagen angemeldet. Davon waren 259.270 mit einem Ottomotor und 73.302 mit einem Dieselmotor (22 %) ausgerüstet, 58 Fahrzeuge hatten sonstige Antriebe (Kraftfahrt-Bundesamt, 2003).

In Deutschland werden im Durchschnitt 2 Aktivitäten mit ca. 60 Minuten Wegezeit und ca. 3 Wegen pro Person und Tag zurückgelegt. Nahezu ausschließlich bestimmt durch die Zunahme des motorisierten Individualverkehrs haben sich die Wegeentfernungen von rund 5 km/Person/Tag im Jahr 1950 auf etwa 31 km/Person/Tag im Jahr 1998 mehr als versechsfacht. Auslöser der Mobilität sind strukturelle Rahmenbedingungen (Trennung von Wohn-, Arbeits-, Ausbildungs-, Konsum- und Freizeitstätten) bzw. sachliche Notwendigkeiten (Existenzsicherung) oder individuelle Bedürfnisse (UBA, 2001).

Im Binnenverkehr weist Frankfurt am Main einen hohen Anteil am öffentlichen Verkehr auf. Eine Vielzahl der Wege wird außerdem zu Fuß oder mit dem Rad erledigt. Im Gegensatz dazu dominiert im Quell-/Zielverkehr der Individualverkehr (MIV 82 %, ÖPV 18 %).

Während bei den Fahrzeugen mit Ottomotoren durch die Einführung der Katalysatortechnik deutliche Erfolge erzielt werden konnten, sind derzeit emissionsseitig die Dieselfahrzeuge Hauptverursacher der hohen Stickstoffdioxid- und Partikelbelastung in den Innenstädten. Bundesweit hat sich der Anteil der Diesel-Pkw an den Neuzulassungen in den vergangenen Jahren mehr als verdoppelt. Er hat inzwischen fast 40 % erreicht.

Bezüglich der NO_x-Emissionen haben moderne Diesel-Pkw im Vergleich zu Benzinern einen erheblichen Nachteil. Sie emittieren 8 - 10mal mehr Stickstoffoxide.

Dieselußemissionen lassen sich technisch durch eine Verbesserung der motorischen Verbrennung, Abgasnachbehandlung mit Dieselußfiltern und durch die Umstellung auf andere Kraftstoffe (z. B. Erdgas) reduzieren. Dieselußfilter erreichen eine Abscheiderate von etwa 99 %, so dass die Partikelkonzentration im Abgas fast schon das Niveau der Umgebungsluft erreicht (UBA, 2005: Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub, S. 20).

Die Straßenverkehrs-Zulassungsordnung schreibt für die Typzulassung und das Abgasverhalten neuer Kraftfahrzeuge die Einhaltung bestimmter Emissionsgrenzwerte vor.

Tabelle 22: Europäische Abgasgrenzwerte für Schadstoffemissionen von PKW

Pkw	Schadstoff	EURO 1	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4
	in g/km	ab	ab	ab	ab	ab
		1992/1993 (T)	1992/1993 (S)	1996/1997 (T/S)	2000/01 (T/S)	2005/06 (T/S)
Richtlinie		91/441/EWG	91/441/EWG	94/12/EG	98/69/EG	98/69/EG
Benzin	CO	2,72	3,16	2,2	2,3	1
	HC+NOx	0,97	1,13	0,5	-	-
	HC	-	-	-	0,2	0,1
	NOx	-	-	-	0,15	0,08
Diesel	CO	2,72	3,16	1	0,64	0,5
	HC+NOx	0,97	1,13	0,7	0,56	0,3
	NOx	-	-	-	0,5	0,25
	Partikel	0,14	0,18	0,08	0,05	0,025
T: Typ						
S: Serie						

(Umweltbundesamt, 2005, Internet)

Mit Inkrafttreten der EURO-4-Grenzwerte für Pkw ab 2005 wird die Partikelemission von Neufahrzeugen gegenüber den seit dem Jahr 2000 geltenden Werten um die Hälfte von 0,05 auf 0,025 Gramm pro gefahrenem Kilometer (g/km) reduziert. Diesen Wert werden nur kleinere und mittlere Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter einhalten können, während für schwere Dieselfahrzeuge vermutlich Filter erforderlich sind. Um eine schnelle Einführung von Dieselfahrzeugen zu erreichen, plant die Bundesregierung steuerliche Anreize. Da eine steuerliche Förderung auch von anderen Mitgliedstaaten der EU beabsichtigt ist, empfahl die EU-Kommission in einem Arbeitspapier vom Januar 2005 für diesen Zweck einen Partikelgrenzwert von 5 Milligramm pro Kilometer (mg/km) für Neufahrzeuge (UBA, 2005: Hintergrundpapier zum Staub/Feinstaub, S. 21).

Bei Lastkraftwagen und Bussen sind die Emissionsgrenzwerte nicht wie bei Pkw streckenbezogen, sondern nach einem Prüfstandtest leistungsbezogen definiert. Für schwere Nutzfahrzeuge und Busse reduzieren sich die Partikelgrenzwerte mit EURO IV/V ab 2005 um den Faktor 5 von 0,1 auf 0,02 Gramm pro Kilowattstunde (g/kWh) im stationären Motortest. Dieser Wert lässt sich noch ohne Partikelfilter durch motortechnische Maßnahmen erreichen (UBA, 2005: Hintergrundpapier zum Staub/Feinstaub, S. 21). EURO V wird bei Lkw ohne Abgasnachbehandlung für die Stickstoffoxidemission wahrscheinlich nicht erfüllbar sein.

5.1 Emissions- und Immissionssituation in der Friedberger Landstraße

Am Beispiel eines Straßenabschnittes in der Friedberger Landstraße (zwischen Wieland- und Zeißeßstraße) in Frankfurt am Main wurde eine Prüfung der Effektivität einzelner verkehrlicher Maßnahmen hinsichtlich der Reduzierung von Stickstoffdioxid und Partikeln durchgeführt.

Die lufthygienische Situation in einer Straßenschlucht wird geprägt:

- durch die Schadstoffe, die in den Ballungsraum eintreten,
- durch die Schadstoffe, die in dem Ballungsraum selbst emittiert werden (städtischer Hintergrund) und
- durch die Zusatzbelastung, die in einer Straßenschlucht (vorwiegend durch den Kfz-Verkehr) verursacht wird.

Die prozentualen Anteile sind bei Stickstoffdioxid (NO₂) und Partikeln (PM₁₀) unterschiedlich.

Nachfolgend wird versucht, die Problematik am Beispiel der Friedberger Landstraße in Frankfurt am Main, einer typischen Straßenschlucht mit dichter Bebauung und hoher Verkehrsbelastung, zu verdeutlichen.

Die Angaben beziehen sich auf das Jahr 2003 und eine Verkehrsstärke von 31.118 Fahrzeugen pro Tag in dem betrachteten Straßenabschnitt.

Tabelle 23: Aufschlüsselung der Emissionsrate des Kfz-Verkehrs nach Kfz-Klassen für die Friedberger Landstraße in Frankfurt am Main (Bezugsjahr: 2003)

Kfz-Art	Anteil in %	Zusammensetzung	
schwere Lkw	3,0	100 % Dieselmotor	
leichte Lkw	2,4	13,9 % Otto- und 86,1 % Dieselmotor	
Busse	0,9	100 % Dieselmotor	
Krafträder	2,8	100 % Ottomotor	
Pkw	90,9	84,6 % Otto- und 15,4 % Dieselmotor	
	Kfz-Dichte (Kfz/d)	Emissionsrate	
		NO _x g/(km x d)	Partikel g/(km x d)
Gesamt	31.118	24,4772	0,9880
Anteil nach Motorart:			
- Ottomotor	80,0 %	31,4 %	<0,1 %
- Dieselmotor	20,0 %	68,6 %	100 %
davon:			
- Pkw, leichte Lkw	16,1 %	14,4 %	40,8 %
- schwere Lkw	3,0 %	37,4 %	45,8 %
- Busse	0,9 %	16,9 %	13,4 %

(HMULV 2005: Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main, S. 47)

Die Tabelle aus dem Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main (S. 47) zeigt, dass die Fahrzeuge mit Ottomotor bei einem Anteil von 80 % an der Kfz-Dichte in der Friedberger Landstraße einen Anteil bei den Stickoxiden (NO_x) von ca. 30 % und beim PM₁₀ einen Anteil kleiner 0,1 % an der Emissionsrate für den untersuchten Straßenabschnitt haben. Dagegen haben schwere Lkw und Busse mit Dieselmotor, bei einem Anteil von etwa 4 % an der Zahl der Kfz-Bewegungen, einen Emissionsanteil von 54 % an der Emission von NO_x und ca. 60 % an der Emission von PM₁₀. Ca. 40 % der PM₁₀-Emission werden von den Pkw mit Dieselantrieb und den leichten Lkw verursacht.

Es muss berücksichtigt werden, dass in dieser Aufstellung die Emissionsbelastung von PM_{10} , die durch Abrieb (z. B. Reifen, Kupplung, Bremsen und Staubaufwirbelung) verursacht wird, nicht enthalten ist. Abrieb wird durch alle Fahrzeuge verursacht, unabhängig von der Antriebsart. Diese durch den rollenden Verkehr freigesetzten Emissionen hängen wesentlich vom Straßenbelag und der Fahrgeschwindigkeit ab. Sie haben etwa die gleiche Größenordnung wie die Dieselpartikelemissionen aus dem Auspuff (Luftreinhalteplan S. 36). Wird der Reifenabrieb mit berücksichtigt, verursachen Fahrzeuge mit Dieselmotoren etwa 60 % der Feinstaubemissionen der Zusatzbelastung in der Friedberger Landstraße und Fahrzeuge mit Ottomotoren etwa 40 % der Feinstaubemissionen.

In der Friedberger Landstraße befindet sich eine kontinuierlich messende Luftmessstation des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG), an der im Jahr 2003 die folgenden Immissionskonzentrationen gemessen worden sind:

Tabelle 24: Feinstaub- und Stickstoffdioxidkonzentration in der Friedberger Landstraße 2003

Jahr	Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Friedberger Landstraße	
	Feinstaub PM_{10}	Stickstoffdioxid NO_2
2003	36	72

(HLUG, 2004)

Nach Aussagen im Luftreinhalteplan werden etwa 75 % der Feinstaubkonzentration in der Friedberger Landstraße durch den Ballungsraum plus städtische Hintergrundbelastung verursacht. Etwa 25 % stammen aus der Zusatzbelastung der Straßenschlucht.

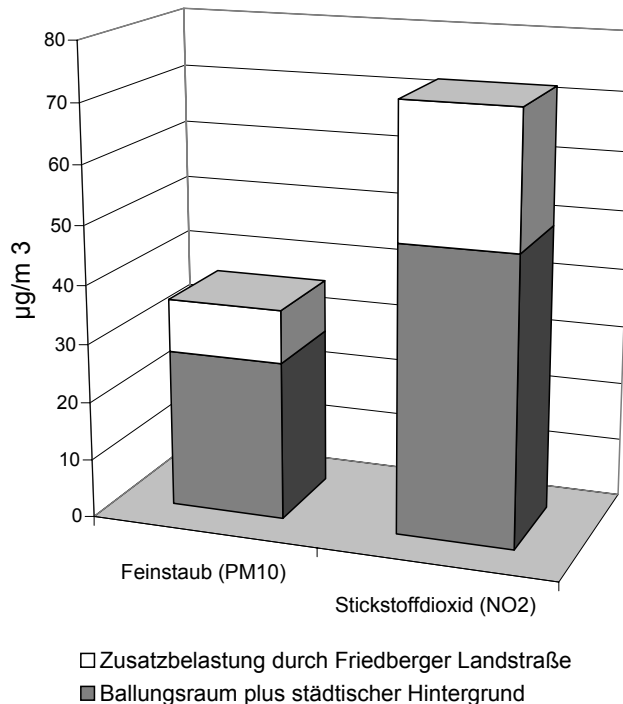
Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie geht davon aus, dass die Partikelbelastung im Jahresmittel im Taunus bei etwa 12 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt. D.h. auch die in den Ballungsraum einströmende Luft ist nicht partikelfrei. Sie wird im Ballungsraum und in den Städten mit Partikeln angereichert. In den Straßenschluchten mit hohem Verkehrsaufkommen wird die Schadstoffkonzentration durch die Zusatzbelastung weiter erhöht.

Etwa 68 % der Stickstoffdioxidkonzentration werden durch den Ballungsraum plus städtische Hintergrundbelastung verursacht. Ca. 32 % stammen aus der Zusatzbelastung der Straßenschlucht der Friedberger Landstraße.

Tabelle 25: Feinstaub- und Stickstoffdioxidkonzentration in der Friedberger Landstraße 2003 – differenziert nach Entstehungsort der Schadstoffe

	Gesamtbelastung $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ballungsraum plus Hintergrund		Straße	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
Feinstaub	36	27	75	9	25
Stickstoffdioxid	72	49	68	23	32

Abb. 12: Partikel- und Stickstoffdioxidimmissionen in der Friedberger Landstraße (Aufgliederung nach Emissionsort)



Stickstoffdioxid – NO₂

Die Stickstoffdioxidkonzentration in der Friedberger Landstraße betrug im Jahr 2003 an der Messstation des HLU 72 µg/m³. 49 µg (68 %) der Gesamtbelastung stammen vom Ballungsraum und dem städtischen Hintergrund. Von dieser Gesamtbelastung wurden etwa 23 µg/m³ Stickstoffdioxid in der Straße selbst verursacht (Zusatzbelastung). Dieser Anteil stammt vorwiegend vom Kfz-Verkehr. Etwa 69 % der Zusatzbelastung wurden von den Dieselfahrzeugen (ca. 16 µg/m³) emittiert, ca. 31 % von den Ottomotoren (ca. 7 µg/m³).

Dies bedeutet, dass eine verkehrliche Maßnahme, die sämtlichen Dieselfahrzeugen die Durchfahrt durch die Friedberger Landstraße verbieten würde, eine Reduzierung der Gesamtbelastung um 16 µg/m³ von 72 µg/m³ auf etwa 56 µg/m³ erreichen würde.

Eine Maßnahme, die den Bussen die Durchfahrt verbieten würde, käme auf ein Reduktionspotential von etwa 4 µg; ein Verbot für alle schweren Lkw würde die NO₂-Konzentration um etwa 9 µg mindern, und das Verbot aller Diesel-Pkw und leichter Nutzfahrzeuge würde eine Reduktion um etwa 3 µg erwarten lassen.

Diese Annahmen unterstellen, dass die Zusatzbelastung der Straßenschlucht komplett dem Kfz-Verkehr zugeschrieben wird. Ein geringer Teil wird jedoch – insbesondere während der Heizperiode – von den Gebäudeheizungen verursacht.

Fahrverbote für einzelne Verkehrsteilnehmer (z. B. nur für schwere Lkw im Durchgangsverkehr) in einzelnen Straßen lassen keine ausreichenden Reduzierungen der Emissionen erwarten. Um den Stickstoffdioxidgrenzwert einzuhalten, müssen vielmehr verschiedenste Maßnahmen untersucht und umgesetzt werden, die sinnvollerweise auf Gebiete bzw. komplette Stadtgebiete bezogen werden. Aufgrund der hohen Vorbelastung der Luft sollten auch die Autobahnen in die Maßnahmenkonzepte einbezogen werden.

Partikel – PM₁₀

Die Partikelkonzentration in der Friedberger Landstraße betrug 2003 an der Messstation des HLUG 36 µg/m³.

Etwa 9 µg/m³ Partikel (Zusatzbelastung) wurden in der Straßenschlucht durch den Kfz-Verkehr, der durch die Straße fährt, verursacht. Etwa 40 % des Anteils stammte vom Abrieb der Ottofahrzeuge (ca. 3,6 µg), 60 % wurden durch die Dieselfahrzeuge (Pkw, Lkw, Busse => ca. 5,4 µg/m³ aus Abrieb und Emission aus dem Auspuff) verursacht. Die Luft in der Friedberger Landstraße war bereits mit etwa 27 µg/m³ durch den Ballungsraum und den städtischen Hintergrund belastet.

Dies bedeutet, dass eine verkehrliche Maßnahme, die sämtlichen Dieselfahrzeugen (Lkw, Busse und Pkw) die Durchfahrt durch die Friedberger Landstraße verbieten würde, eine Reduzierung der Gesamtbelastung um 5,4 µg/m³ von 36 µg/m³ auf etwa 31 µg/m³ erreichen würde. Ein Fahrverbot für alle schweren Lkw könnte eine Reduzierung von etwa 2,5 µg/m³ erreichen. Realistisch wäre jedoch höchstens ein Durchfahrverbot für den Lkw-Durchgangsverkehr, d. h. ein Teil der Lkws würde dennoch die Friedberger Landstraße passieren, und die erwartete Reduzierung läge unter dieser Voraussetzung niedriger als 2,5 µg.

Diese Annahmen unterstellen, dass die Zusatzbelastung der Straßenschlucht komplett dem Kfz-Verkehr zugeordnet wird. Ein geringer Teil müsste jedoch den Gebäudeheizungen zugeschrieben werden. D. h. die erwartete Reduzierung wäre vermutlich geringer.

Aufgrund der hohen Grundbelastung durch den Ballungsraum und den städtischen Hintergrund (ca. 75 % der Gesamtbelastung) müssten sich Maßnahmen sinnvollerweise auf komplette Stadtgebiete oder besser noch den gesamten Ballungsraum beziehen, um deutliche Minderungen immissionsseitig zu erreichen. Maßnahmen, die sich nur auf einzelne Straßen beziehen, lassen keine spürbaren Reduzierungen der Feinstaubbelastung erwarten. Es ist nicht auszuschließen, dass geringe Effekte messtechnisch nicht nachzuweisen sind. Grundsätzlich muss berücksichtigt werden, dass die Höhe der Feinstaubbelastung witterungsabhängig ist. So werden bei ungünstigen Verdünnungs- und Transportverhältnissen (z. B. bei geringen Windstärken, austauscharmen Wetterlagen oder niedrigen Niederschlagsmengen) höhere Feinstaubkonzentrationen erreicht.

6 Luftreinhalteplan

Um die Luftqualität in Frankfurt am Main zu verbessern und die Grenzwerte für Stickstoffdioxid und Partikel im Stadtgebiet einzuhalten, wurde ein sogenannter Luftreinhalteplan erstellt.

Nach § 13 der 22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) muss die zuständige Behörde der EU soweit die Summen von Immissionsgrenzwerten und Toleranzmargen überschritten wurden spätestens 22 Monate nach Ablauf eines Jahres, in dem die Werte festgestellt wurden, die Luftreinhaltepläne nach § 11(3) übermitteln. Da der NO₂-Wert der Friedberger Landstraße als Jahresmittelwert für 2002 den Grenzwert plus Toleranzmarge überschritten hat, hätte bis Oktober 2004 ein Luftreinhalteplan erarbeitet werden müssen. Zuständige Behörde für die Aufstellung eines Luftreinhalteplans ist nach der Hessischen Verordnung zur Regelung von Zuständigkeiten nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 1. Dezember 2002 das Hessische Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV).

Im Rahmen des Vollzugs des BImSchG sowie seiner 22. Verordnung wurde zwischen den zuständigen Ministerien, dem Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV) und dem Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL), ein gemeinsames Vorgehen vereinbart. Für den koordinierten Vollzug wurde eine Interministerielle Arbeitsgruppe "Luftreinhalteplanung" aus Vertretern beider Ministerien mit ihren nachgeordneten Behörden Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) und Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen (HLSV) gebildet; die federführende Zuständigkeit liegt gemäß der Zuständigkeitsverordnung vom 11.12.2002 im HMULV. In der für den Vollzug im Ballungsraum Rhein-Main zuständigen erweiterten Arbeitsgruppe ist auch die Stadt Frankfurt am Main vertreten.

Der Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main ist vom Hessischen Minister für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz wirksam aufgestellt und vom Kabinett am 2. Mai 2005 zur Kenntnis genommen worden. Er wurde vom 01.12.2004 bis 14.12.2004 und vom 11.01.2005 bis 17.02.2005 im Technischen Rathaus der Stadt Frankfurt am Main zur Einsichtnahme nach § 47 Abs. 5 Satz 2 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes öffentlich bekannt gemacht. Von der Möglichkeit, Einwendungen beim Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz einzureichen, haben etwa 50 Kommunen, Bürger und Vereine Gebrauch gemacht. Die Einwendungen wurden teilweise berücksichtigt. Die Bewertung der Einwendungen ist in einem eigenen Textteil „Zusammenfassung der Gründe und Erwägungen für die Entscheidung zur Berücksichtigung von Anregungen und Bedenken aus der Öffentlichkeitsbeteiligung“ enthalten, der dem Luftreinhalteplan angefügt ist. Vom 18.05.2005 bis zum 03.06.2005 wurde der Luftreinhalteplan bei der Stadtverwaltung Frankfurt am Main, im Technischen Rathaus nochmals zur Bekanntgabe ausgelegt. Weiterhin ist der Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main dauerhaft unter www.hmuly.hessen.de auf der Homepage des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz sowie unter www.hlug.de auf der Homepage des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie abgelegt.

Maßnahmen im Rahmen von Luftreinhalteplänen nach § 47 BImSchG sollen sich entsprechend des Verursacheranteils gegen alle Emittenten richten. Der motorisierte Straßenverkehr stellt nach heutigen Erkenntnissen immer noch eine der Hauptquellen für eine Reihe von Schadstoffen (Stickstoffoxide, Partikel) dar. Insofern

werden unter Umständen zur Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben Verkehrsbeschränkungen nach § 40 BImSchG in Erwägung zu ziehen sein. In Frage kommen zeitlich befristete bzw. dauerhafte Sperrungen, die Einführung von sogenannten Benutzervorteilen sowie Geschwindigkeitsbeschränkungen.

Angeichts der ständig zunehmenden Motorisierung kann eine erfolgreiche Umsetzung der EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie nur gelingen, wenn sowohl planerische als auch ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Minderung der Schadstoffbelastungen ergriffen werden. Durch einen verstärkten Ausbau des ÖPNV integriert in ein nachhaltiges Konzept zum Mobilitätsmanagement sollte versucht werden, größere Anteile des Berufs- und Einkaufsverkehrs vom Auto auf den ÖPNV zu verlagern.

Da in Frankfurt am Main erwartet wird, dass in diesem Jahr der Grenzwert für Partikel nicht eingehalten werden wird, muss neben dem Luftreinhalteplan ein Aktionsplan aufgestellt werden, der kurzfristige Maßnahmen enthalten wird, die dazu beitragen sollen, die Partikelkonzentration zu senken.

Informationsveranstaltung zum Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main

Um die politisch Verantwortlichen und die Fachöffentlichkeit über anstehende Maßnahmen zu informieren, hat am 7. Juli 2004 im Plenarsaal des Frankfurter Römer eine gemeinsame Informationsveranstaltung des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung und der Stadt Frankfurt am Main stattgefunden.

Prof. Dr. Eckard Reh binder von der Universität Frankfurt hat zu rechtlichen Aspekten der EU-Luftqualitätsgrenzwerte referiert. Prof. Dr. Thomas Eikmann von der Universität Gießen hat eine Einschätzung der Grenzwerte unter dem Aspekt der menschlichen Gesundheit vorgenommen. Prof. Dr. Klaus Hanewald vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie hat eine Analyse der Quellen der Verschmutzung im Ballungsraum Rhein-Main vorgestellt. Klaus-Peter Güttler vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung hat einen Maßnahmenkatalog zur Reduzierung der Luftbelastung präsentiert. Zur lokalen Situation bezüglich verkehrlicher Maßnahmen in Frankfurt am Main berichtete der Planungsdezernent der Stadt Frankfurt am Main, Edwin Schwarz.

Der Tagungsband kann im Internet unter www.umweltamt.stadt-frankfurt.de Umweltüberwachung/Immissionsschutz/Luftreinhalteplan abgerufen werden.

6.1 Maßnahmen zur Luftreinhaltung in Frankfurt am Main

Die Verkehrssituation in Frankfurt am Main ist seit vielen Jahren durch einen sehr hohen Pendleranteil geprägt. Verkehrsprobleme liegen auf der Hand und sind für jeden deutlich sichtbar (Staus, Parkprobleme, Lärm, Abgase und Schleichverkehr).

Dem gegenüber steht das Ziel, den Gesamtverkehr möglichst umweltverträglich abzuwickeln. Dafür sind im innerstädtischen Bereich u. a. verkehrssteuernde oder verkehrsbeschränkende Maßnahmen denkbar, um die Gesamtsituation zu verbessern bzw. die Situation an einzelnen Brennpunkten zu entschärfen. Im Rahmen des kommunalen Verkehrsmanagements wurden zur Reduzierung der Luftbelastung von der Stadt Frankfurt am Main bereits verschiedenste Maßnahmen durchgeführt, z. B.:

Öffentlicher Personennahverkehr

- Beschleunigung der Buslinie 32 sowie der Straßenbahnlinie 11
- Einrichtung einer neuen Straßenbahnlinie (Straßenbahnlinie 17 zum Rebstockgelände)
- Installation von verkehrsabhängigen Steuerungsprogrammen an Lichtsignalanlagen

Straßenverkehr/Motorisierter Individualverkehr

- Mobilitätsberatung
Die Mobilitätszentrale an der Hauptwache besteht seit fast acht Jahren. Täglich werden dort ca. 350 - 400 Kunden rund um das Thema "Verkehr" beraten. In der Verkehrsinsel werden verkehrsmittelübergreifende Verkehrsinformationen angeboten. Ziel ist es, mit Hilfe der in der Verkehrsinsel angebotenen Informationen den Anteil der Fahrten mit umweltfreundlichen Verkehrsmitteln zu erhöhen.
- Integrierte Gesamtverkehrs-Leitzentrale (IGLZ)
Die IGLZ dient der Optimierung und Steuerung des Verkehrsablaufes sowie einer umfassenden Information über aktuelle Verkehrszustände.
- Bewohnerparken
Die Bewohnerparkregelung soll es den Bewohnern der Innenstadt umgebenden Wohngebiete ermöglichen, leichter einen Parkplatz zu bekommen und somit auch Parksuchverkehr aus den Wohngebieten heraushalten. Durch die reduzierten Parkmöglichkeiten für Pendler und Dauerparker und den dadurch geringeren Parksuchverkehr wird letztendlich auch die Umweltbelastung der gesamten Stadt verringert.
- Pendlernetz
Der Mobilitätsservice "Pendlernetz RheinMain" ist ein zentral vernetzter Internetdienst zur Entlastung des Verkehrsaufkommens in der Region Frankfurt RheinMain. Das kostenlose Angebot vermittelt regelmäßig Fahrgemeinschaften und spontane Mitfahrgelegenheiten für Berufs- und Freizeitpendler und ist seit Ende Mai 2004 im Internet verfügbar: www.rheinmain.pendlernetz.de. Der Mobilitätsservice Pendlernetz ist ein ivm-Projekt, das einen Beitrag leistet zum integrierten Verkehrsmanagement der Region Frankfurt RheinMain. Es wird von den Bundesländern Hessen und Rheinland-Pfalz gefördert sowie durch die beteiligten Kreise, Städte, Gemeinden der Region und den Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) unterstützt. Das Ziel ist die Schaffung eines

flächendeckenden Pendlernetzes durch überregionale Anbindungen und Kooperationspartnerschaften mit großen Wirtschaftsunternehmen, Verkehrsträgern und -verbänden.

Fußgängerverkehr

Die Straßenverkehrsbehörde versucht weiterhin bei allen Planungen für Lichtsignalanlagen die Wartezeiten für den Fußgängerverkehr zu reduzieren.

Radverkehr

- Radfahren gegen die Einbahnstraße in Tempo-30-Zonen
Die Planungen für eine "Flächendeckende Einführung des Konzeptes Radfahren gegen die Einbahnstraße in Tempo-30-Zonen" sind für die innenstadtnahen Wohngebiete abgeschlossen. Die Umsetzung dieses Konzeptes erfolgt im Laufe des Jahres 2004. Darüber hinaus wurde mit dem Bau zweier weiterer Fahrradroutes (1. Museumsufer - Neu-Isenburg, 2. Nordweststadt - Innenstadt, hier: 2. Bauabschnitt Eschersheimer Landstraße ab Bremer Straße stadteinwärts) begonnen. Die Umsetzung dieser Routen hat begonnen und wird sukzessive fortgesetzt. Weitere Radroutes sind in Planung.
- GrünGürtel-Fahrt-Finder
Der GrünGürtel-Fahrt-Finder ist ein internetgestützter Radroutenplaner. Mit seiner Hilfe können Routen von frei wählbaren Start- und Zielpunkten im Stadtgebiet von Frankfurt am Main oder von auswählbaren besonderen Orten im GrünGürtel auf Radwegen zum Zielort erstellt werden. Außerdem gibt es nun ThemenTouren - Routenvorschläge zu Themenbereichen wie zum Beispiel Artenvielfalt in Frankfurt am Main mit ausgewählten attraktiven Zielorten. Im Laufe des Jahres 2005 werden drei weitere ThemenTouren dazu kommen, so zu den Themenbereichen Parks, Gewässer und Regionale Produkte (Essen und Trinken) in Frankfurt am Main (www.umweltamt.stadt-frankfurt.de).
- GrünGürtel-Freizeitkarte
In der GrünGürtel-Freizeitkarte sind die Fahrradwege und Wanderwege des Frankfurter GrünGürtels im Maßstab 1:20 000 dargestellt. Auf der Rückseite der Karte werden Ausflugsziele der Region RheinMain beschrieben. Die Karte ist im Umweltamt erhältlich (www.umweltamt.stadt-frankfurt.de).

Um die Partikel- und Stickstoffdioxidgrenzwerte in Frankfurt am Main einzuhalten, müssen über das bisherige Maß hinaus, auf nationaler und kommunaler Ebene Maßnahmenkonzepte entwickelt und umgesetzt werden.

Durch eine zügige Einführung von Dieselpartikelfiltern könnten sich die motorbedingten Partikelemissionen zukünftig deutlich reduzieren. Problematisch bleiben jedoch darüber hinaus die nicht-motorbedingten Partikelemissionen aufgrund von Aufwirbelung und Abrieb, zu der alle Fahrzeuge beitragen.

Emissionsminderungsmaßnahmen müssen daher den Verkehr in seiner Gesamtheit betreffen. Mögliche, teilweise jedoch nur langfristig umsetzbare Maßnahmen sind z. B. gebietsbezogene Verkehrsverbote und -beschränkungen, Erneuerung des Straßenbelags (Ersatz von Pflaster durch Asphalt), Geschwindigkeitsbeschränkungen für stetigeren Verkehrsfluss, Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene und Schiff, Verlagerung von Pkw-Fahrten auf den öffentlichen Verkehr und auf Rad- und Fußverkehr, Verkehrsvermeidung (UBA, 2005: Hintergrundpapier zum Staub/Feinstaub, S. 21).

7 Zusammenfassung

Die Immissionsbelastung durch **Schwefeldioxid** hat zwischen 1990 und 2004 deutlich abgenommen. Die Nach- und Umrüstung von Kraftwerken und Industrieanlagen und die Herabsetzung des Schwefelgehalts im Heizöl und Dieselmotorkraftstoff haben hier deutliche Erfolge erzielt. Der EU-Jahresgrenzwert für Schwefeldioxid von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde im Jahr 2004 in Frankfurt am Main mit $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich unterschritten. Der 24-Stunden-EU-Grenzwert von $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde an den Frankfurter Stationen seit 1994 nicht mehr überschritten. Der 1-Stunden-EU-Grenzwert plus Toleranzmarge von $380 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gültig 2004), wurde in Frankfurt am Main ebenfalls unterschritten.

Die **Kohlenmonoxid**belastung, die in Frankfurt am Main hauptsächlich vom Kfz-Verkehr verursacht wird, ist zwischen 1990 und 2004 gesunken und betrug im Jahr 2004 im Jahresmittel ca. $0,7 \text{ mg}/\text{m}^3$. Der EU-Grenzwert plus Toleranzmarge von $12 \text{ mg}/\text{m}^3$ für Kohlenmonoxid (8-Stunden-Mittel) wurde in Frankfurt am Main 2004 deutlich unterschritten. Das Maximum in der Friedberger Landstraße betrug $3,4 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Die **Ozon**konzentration hat sich zwischen 1990 und 1995 erhöht und ist anschließend leicht gesunken, um ab dem Jahr 2000 wieder anzusteigen. Als Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit soll nach der EU-Richtlinie 2002/3/EG für Ozon ab 2010 der Wert $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages nicht häufiger als an 25 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden, gemittelt über 3 Jahre. Diese Anforderung aus der EU-Richtlinie wurde 2004 an der Station in Höchst eingehalten. In Frankfurt-Ost wurde die Bedingung nicht eingehalten. Die in der EU-Richtlinie definierte Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde 2004 in Frankfurt am Main nicht überschritten.

Ebenfalls primär durch den Kfz-Verkehr hervorgerufen ist die Luftbelastung durch das krebserregende **Benzol**. Die Benzolkonzentration in der Außenluft hat durch die Einführung der Katalysatortechnologie seit Mitte der 90er Jahre stark abgenommen. Diese Tendenz ist auch in Frankfurt am Main zu beobachten. Schon jetzt wird der ab 2010 gültige EU-Grenzwert für Benzol von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Frankfurt am Main mit $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Friedberger Landstraße unterschritten.

Die **Stickstoffdioxid**belastung hat sich auf hohem Niveau stabilisiert. Der Kfz-Verkehr als Hauptemittent spielt insbesondere an stark verkehrsbelasteten Straßen eine für die Lufthygiene entscheidende Rolle. Die durch die Einführung des Katalysators erzielte Reduzierung der Emissionen ist weitgehend durch den Anstieg des Verkehrsaufkommens kompensiert worden. Der in der EU-Richtlinie definierte Jahresgrenzwert plus Toleranzmarge für Stickstoffdioxid von $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (galt im Jahr 2004) wurde in Frankfurt am Main in der Friedberger Landstraße im Jahr 2004 mit $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich überschritten. Für Stickstoffdioxid wurde auch ein 1-Stunden-EU-Grenzwert definiert. Danach durfte 2004 der Wert $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 18mal überschritten werden. Diese Bedingung wurde an den Frankfurter Stationen 2004 eingehalten. Die Grenzwerte für Stickstoffdioxid dürfen durch den Ausbau des Flughafens nicht überschritten werden. Bereits heute ist der Flughafen größter Einzelemittent lokal bzw. regional verursachter Luftbelastungen. Zur Reduzierung der durch den Flughafenbetrieb verursachten Luftschadstoffemissionen muss der Vorhabenträger als wesentlicher Verursacher einen Handlungsplan für geeignete Maßnahmen entwickeln und umsetzen und ein geeignetes Monitoring durchführen.

Die **Partikel**konzentrationen zeigen eine abnehmende Tendenz, die jedoch von starken Schwankungen überprägt ist. Hauptemittent in Frankfurt am Main ist der Kfz-Verkehr. In der Friedberger Landstraße wurde 2004 der EU-Jahresgrenzwert plus Toleranzmarge von $41,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unterschritten. Für Partikel existiert außerdem ein Tagesgrenzwert. Danach durfte 2004 der Grenzwert plus Toleranzmarge von $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 35 mal pro Jahr überschritten werden. Dieser Wert wurde in der Friedberger Landstraße 32 mal überschritten. Partikelemissionen werden nicht nur aus dem Auspuff der Dieselfahrzeuge, sondern zu einem erheblichen Anteil auch durch Abrieb an Reifen und Straßenbelag durch das Abrollen der Räder und durch Staubaufwirbelung freigesetzt. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die in den Ballungsraum einströmende Luft bereits stark mit Partikeln belastet ist. Zu dieser Vorbelastung kommt die städtische Hintergrundbelastung und die Immission der im Einzelfall untersuchten Straße hinzu. Aufgrund der hohen Vor- und Hintergrundbelastung können Maßnahmen in den von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Straßen u. U. keine ausreichenden Erfolge erzielen. Insbesondere bei den Partikeln wird somit die eingeschränkte Handlungsmöglichkeit der Kommunen deutlich. Eine zukünftige Luftreinhaltestrategie in Europa muss daher auf einer angemessenen Kombination von Maßnahmen auf europäischer, nationaler und lokaler Ebene beruhen. So sind ökonomische und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Deutschland nötig, die stärkere Anreize und Vorteile für die Benutzer umweltfreundlicher Fahrzeuge bringen, damit abgasmindernde Fahrzeugtechnologien schneller verbreitet werden.

Die Luftqualität in Frankfurt am Main wird insbesondere durch die Emissionen des Kfz-Verkehrs bestimmt. Primär werden Stickstoffoxide, Partikel, Kohlenmonoxid und Benzol freigesetzt. Durch Umwandlungsprozesse in der Atmosphäre ist der Kfz-Verkehr an der sommerlichen Ozonbelastung sowie am Treibhauseffekt beteiligt und kann darüber hinaus Pflanzenschäden verursachen.

Die Luftmessungen des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie dokumentieren, dass aktuell in Frankfurt am Main der Grenzwert für das Jahresmittel von Stickstoffdioxid, der ab 2010 gültig sein wird, in der Friedberger Landstraße, in Höchst und Ost überschritten wird. Für das Jahr 2005 wird außerdem die Überschreitung des seit Januar 2005 gültigen Partikelgrenzwertes in der Friedberger Landstraße erwartet. Zusätzlich ist nicht auszuschließen, dass auch in anderen stark verkehrsbelasteten Straßen mit mangelnder Durchlüftung aufgrund geschlossener Bebauung Grenzwertüberschreitungen auftreten. Vor diesem Hintergrund hat das Hessische Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz in Zusammenarbeit mit den betroffenen Kommunen einen Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main erarbeitet, der Maßnahmenkonzepte enthält, um eine Reduzierung der verkehrlichen Luftbelastung zu erreichen. Aufgrund des seit Januar 2005 gültigen Partikelgrenzwertes wird darüber hinaus derzeit ein Aktionsplan erstellt, der Maßnahmen enthalten wird, die die Gefahr der Überschreitung der Werte verringern oder die den Zeitraum, während dessen die Werte überschritten werden, verkürzen. Die gegenwärtige Belastung der Umgebungsluft mit Partikeln ist deutlich zu hoch. Die Belastungen führen zu erheblichen Gesundheitsschäden. Mit einem umfassenden Maßnahmenpaket müssen die Belastungen mit Partikeln gesenkt werden.

8 Literaturverzeichnis

- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (1996): RICHTLINIE 96/62/EG DES RATES vom 27.09.1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität (Luftqualitätsrahmenrichtlinie)
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (1999): RICHTLINIE 1999/30/EG DES RATES vom 22.04.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (2000): RICHTLINIE 2000/69/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16.11.2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (2001): RICHTLINIE 2001/81/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23.10.2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (2002): RICHTLINIE 2002/3/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12.02.2002 über den Ozongehalt in der Luft
- Bundesgesetzblatt (2004) Teil I, Nr. 36: 33. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 13.07.2004
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004): Feinstaub-Magazin. Berlin
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004): Verkehrsbeschränkungen als rechtlich zulässige Handlungsmöglichkeiten der Luftreinhaltepolitik – Vortrag von Dr. Uwe Lahl zur ADAC-Fachtagung „Dicke Luft im Ballungsraum – Wege zur vernünftigen Umsetzung der EU-Luftreinhalte-Richtlinien“
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2005): Feinstaub – eine gesundheitspolitische Herausforderung, Vortrag von Dr. Uwe Lahl zum 46. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2005): Handlungsmöglichkeiten aus Sicht des Bundes – Vortrag von Dr. Uwe Lahl zum Seminar „Umsetzung der EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie in Deutschland“ am 23. und 24. Mai 2005 in Goslar
- Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (2002): Umwelt-Gutachten 2002, Berlin
- Düring / Lohmeyer (11.11.2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen; KRdL-Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe
- Feldhaus / Hansel (2002): Bundes-Immissionsschutzgesetz, Heidelberg
- Flughafen Frankfurt Main (2005): Unterlagen zur Planfeststellung zum Ausbau des Flughafens Frankfurt Main. Band C, G1 UVS und LBP – Teil II. Vorhaben und Projektwirkungen, ARGE Baader-Bosch
- Hessische Landesanstalt für Umwelt (1999): Schadstoffbelastungen durch den Flugverkehr im Bereich des Flughafens Frankfurt und in seinem Umfeld, Wiesbaden
- Hessische Landesanstalt für Umwelt (1999): Emissionskataster in Hessen, Sachstand 1999, Wiesbaden
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Lufthygienische Monatsberichte
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (1999): Luftschadstoffbelastung auf dem Flughafen Frankfurt Main, Heft 261, Wiesbaden
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2003): Die Luftqualität im Untersuchungsgebiet Untermain, Ist-Situation und Entwicklung, Heft 3, Wiesbaden
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2003): Tagungsunterlagen zur Fortbildungsveranstaltung „Gebietsbezogener Immissionsschutz mit den Novellen des BImSchG, der 22. BImSchV sowie die neue TA Luft“
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2004): Lufthygienischer Jahresbericht 2003, Wiesbaden
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2005): Lufthygienischer Jahresbericht 2004, Wiesbaden
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Lufthygienische Daten von Frankfurt a. M. von 1990 bis 2004

- Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2004): Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main (Entwurf vom 01.11.2004)
- Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2005): Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main
- IVU (2000): Erstellung flächendeckender Aussagen über die Immissionsbelastung, Vortrag beim HLUG am 26.09.2000 in Wiesbaden
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2001): Mitteilung der Kommission, Das Programm „Saubere Luft für Europa“ (CAFE): Eine thematische Strategie für die Luftqualität
- Kraftfahrt-Bundesamt (2003): Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, Sonderheft 1 zur Reihe 2/1. Januar 2003
- Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1999): Sondergutachten – Umwelt und Gesundheit, Risiken richtig einschätzen, Bonn
- Regierungspräsidium Darmstadt (2002): Landesplanerische Beurteilung zum Raumordnungsverfahren Flughafen Frankfurt Main
- Reh binder (2004): Rechtsgutachten über die Umsetzung der 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Frankfurt am Main
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2005): Luftreinhalte- und Aktionsplan für Berlin 2005-2010
- Stadt Frankfurt am Main (1997): Umweltbericht Nr. 1/II: Luft- und Lärmbelastung in Frankfurt am Main – Fortschreibung
- Stadt Frankfurt am Main – Umweltamt (2002): Entwicklung der Luftqualität in Frankfurt a. M. von 1990-2001
- Stadt Frankfurt am Main – Umweltamt (2004): Entwicklung der Luftqualität in Frankfurt a. M. von 1990-2003
- Stadt Frankfurt am Main – Umweltamt (2004): Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main, Tagungsband zur Veranstaltung vom 07.07.2004
- Stadt Frankfurt am Main (2003): Statistisches Jahrbuch Frankfurt am Main 2003
- Stadt Frankfurt am Main (2001): Frankfurter Statistische Berichte, 4`2001
- Stadt Frankfurt am Main (2001): Jahresbericht zur Lokalen Agenda 21, Magistratsbericht
- TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 24.07.2002
- Umweltbundesamt (1998): Ökobase Umweltatlas, Version 1.0, Berlin
- Umweltbundesamt (1998): Jahresbericht 1998, Berlin
- Umweltbundesamt (1999): Emissionen nach Emittentengruppen in Deutschland 1990-1997, Berlin
- Umweltbundesamt (1999): Luft kennt keine Grenzen, Langen
- Umweltbundesamt (2000): Jahresbericht 2000, Berlin
- Umweltbundesamt (2001): 30 Jahre Pilotstation des Umweltbundesamtes, Berlin
- Umweltbundesamt (2001): Mobilitätsmanagement zur Bewältigung kommunaler Verkehrsprobleme
- Umweltbundesamt (2002): Umweltdaten Deutschland 2002
- Umweltbundesamt (2003): Kurzbericht Ozonsituation 2003 in der Bundesrepublik Deutschland
- Umweltbundesamt (2005): Episodenhafte PM₁₀-Belastung in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 2000-2003
- Umweltbundesamt (2005): Umfangreiche Recherche im Internet
- Umweltbundesamt (2005): Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM)
- Umweltministerkonferenz (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs, Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“
- Verkehrsclub Deutschland (2001): Umweltstandards im ÖPNV, Bonn

9 Internet-Adressen

- europa.eu.int (Rat der Europäischen Union)
- www.bund.net (Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland e.V.)
- www.bmu.de (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)
- www.benzinsparen.de
- www.dwd.de (Deutscher Wetterdienst)
- www.erdgasfahrzeuge.de
- www.env-it.de/luftdaten/trsyear.fwd (Umweltbundesamt - Anzahl der Feinstaubüberschreitungen)
- www.gein.de (German Environmental Information Network - Umweltinformationsnetz Deutschland)
- www.greenpeace.de (Greenpeace Deutschland)
- www.hessen.de (Land Hessen)
- www.hlug.de (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie)
- www.hlug.de/medien/luft/komponenten/staub/pm10_ueberschreitung.htm (HLUG - Anzahl der Feinstaubüberschreitungen in Hessen)
- www.hmulv.hessen.de (Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main)
- www.idur.de (Informationsdienst Umweltrecht e.V.)
- www.ifeu.de (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg)
- www.integaire.org/indexuk.html (EU-Projekt „Integrated Urban Governance and Air Quality Management in Europe“)
- www.klimabuendnis.org (Klimabündnis)
- www.mobilohneauto.de (Mobil ohne Auto)
- www.mulv.hessen.de (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz)
- www.oekobase.de (Ökobase Umweltatlas und Ökobase Multimedia)
- www.oeko-institut.org (Öko-Institut Freiburg)
- www.profutura.net (BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Landesverband Hessen e.V.)
- www.rheinmain.pendlernetz.de (Pendlernetz RheinMain)
- www.umweltamt.stadt-frankfurt.de (Umweltamt der Stadt Frankfurt am Main)
- www.umweltbundesamt.de (Umweltbundesamt)
- www.umweltdeutschland.de (Umwelt Deutschland)
- www.umweltrat.de (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen)
- www.upi-institut.de (Umwelt- und Prognoseinstitut)
- www.verkehrsclub-deutschland.de (Verkehrsclub Deutschland – VCD)
- www.wupperinst.org (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie)