

Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main

Belastungssituation 2002 mit Immissionsgrenzwertüberschreitungen
an drei Stationen bei NO₂ und an einer Station bei PM₁₀



Inhaltsverzeichnis

	Abbildungsverzeichnis	3
	Tabellenverzeichnis	4
1	Aufgabenstellung	5
1.1	Rechtsgrundlage	5
1.2	Abgrenzung des Gebietes	6
1.3	Auslösende Kriterien für die Erstellung des Planes	7
2	Charakteristik des Ballungsraumes	9
2.1	Abgrenzung des Ballungsraums Rhein-Main für den Luftreinhalteplan	9
2.2	Naturräumliche und orographische Gliederung	10
2.3	Charakterisierung des Klimas	11
2.4	Siedlungsstruktur, Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur	12
2.4.1	Einwohnerdichte und Arbeitsplätze	13
2.4.2	Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur	16
2.4.3	Verkehrsstruktur	16
2.4.3.1	Kfz-Verkehr	18
2.4.3.2	Flughafen Frankfurt am Main und Flugverkehr	20
3	Art und Beurteilung der Verschmutzung	22
3.1	Beurteilungsgrundlagen	22
3.2	Belastungssituation bei NO ₂ und PM ₁₀ im Ballungsraum Rhein-Main 2002	22
3.2.1	Belastungssituation bei NO ₂	22
3.2.2	Belastungssituation bei PM ₁₀	24
3.2.3	Bewertung	25
3.3	Betroffenheit der Bevölkerung	28
4	Ursprung der Verschmutzung	31
4.1	Emissionsstruktur NO ₂	31
4.2	Emissionsstruktur Staub	33
4.3	Emissionen aus dem Kfz-Verkehr	37
4.4	Eintrag in den Ballungsraum	39
5	Emittentenbezogene Ursachenanalyse	40
5.1	Stickstoffdioxid (NO ₂)	40
5.1.1	Immissionsbeitrag der Emittentengruppe Industrie	40
5.1.2	Immissionsbeitrag durch Gebäudeheizung	40
5.1.3	Immissionsbelastung durch den Verkehr	40
5.1.3.1	Der Wochengang der NO ₂ -Konzentration	40
5.2	PM ₁₀	43
5.2.1	Aussagen auf Grund der Immissionssituation	43
5.3	Bewertung von Wochengängen	46
5.4	Analyse der Emissionsraten Verkehr	47
5.5	Transport von Luftschadstoffen in den Ballungsraum	48
5.6	Ausbreitungsrechnung	48
6	Angaben zu bereits vor Inkrafttreten der Richtlinie 96/62/EWG durchgeführten Maßnahmen	53
6.1	Maßnahmen zur Emissionsminderung bei der Emittentengruppe Industrie	53
6.2	Maßnahmen bei der Emittentengruppe Gebäudeheizung	55
6.3	Maßnahmen bei der Emittentengruppe Kfz-Verkehr	55
6.3.1	Im Zeitraum 1980 – 2002 durchgeführte verkehrsbezogene Maßnahmen am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main	57
6.4	Bewertung	60
7	Angaben zu den nach dem Inkrafttreten der 22. BImSchV zur Verminderung der Immissionsbelastung vereinbarten Maßnahmen und Vorhaben	62

7.1	Bearbeitungskonzept Maßnahmenplan	62
7.2	Zusammenfassung der für die Entwicklung des Maßnahmenplanes wesentlichen Erkenntnisse	62
7.3	Erwartete Emissionsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland	63
7.4	Voraussichtliche Entwicklung der Belastung (Referenzprognosen für NO₂ und PM₁₀)	63
7.5	Zusätzliche Maßnahmen zur Einhaltung des Grenzwertes	65
7.5.1	Allgemeine Maßnahmen	65
7.5.2	Maßnahmen der Kommunen	66
8	Zusammenfassung	73
Anhang 1:	Standorte der Immissionsmessstationen mit Grenzwertüberschreitungen	75
Anhang 2:	Zuständige Behörden	78
Anhang 3:	Beispiele für den mittleren Wochengang des Verkehrs	80
Anhang 4:	Mittlerer Wochengang der Stickstoffdioxid-Konzentration an acht Messstationen (Auswertezeitraum: 2000 – 2002)	81
Anhang 5:	Mittlerer Wochengang der PM₁₀-Konzentration an sieben Messstationen für den Auswertzeitraum von 2000 bis 2002 (bei Frankfurt am Main-Friedberger Landstr.: 2001 – 2002)	82
Anhang 6:	Pendlerbewegungen im Ballungsraum Rhein-Main [53]	83
Anhang 7:	Literaturverzeichnis	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gebiet des Luftreinhalteplanes „Ballungsraum Rhein-Main“	8
Abbildung 2:	Höhenprofil des Ballungsraums Rhein-Main	11
Abbildung 3:	Geländeschnitt von der Saalburg zur Sachsenhäuser Warte	11
Abbildung 4:	Bevölkerung im Ballungsraum Rhein-Main (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt, 2002 [44])	13
Abbildung 5:	Anzahl der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer im Ballungsraum Rhein-Main (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt, 2002 [44])	14
Abbildung 6:	Berufspendler, die zur Arbeit nach Frankfurt am Main fahren [53]	17
Abbildung 7:	Berufspendler, die Frankfurt am Main verlassen [53]	17
Abbildung 8:	Verkehrsaufkommen aus Zählungen auf Autobahnen und Bundesstraßen nach der Verkehrsmengenkarte 2000 des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen	18
Abbildung 9:	Immissionskenngrößen von NO ₂ für das Messjahr 2002	23
Abbildung 10:	Karte mit den Immissionskenngrößen von Stickstoffdioxid für das Messjahr 2002	23
Abbildung 11:	Immissionskenngrößen von PM ₁₀ für das Messjahr 2002	24
Abbildung 12:	Karte mit den Immissionskenngrößen von PM ₁₀ für das Messjahr 2002	25
Abbildung 13:	Straßen mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für NO ₂ in Frankfurt am Main	27
Abbildung 14:	Straßen mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für NO ₂ in Wiesbaden	28
Abbildung 15:	Straßen mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für NO ₂ in Darmstadt	29
Abbildung 16:	Emissionen von Stickstoffoxiden NO _x , aufgeschlüsselt nach Gemeinden (angegeben als NO ₂ , Bezugsjahr 2000)	33
Abbildung 17:	Emissionen von PM ₁₀ , aufgeschlüsselt nach Gemeinden für das Bezugsjahr 2000	35
Abbildung 18:	Emissionsraten der Stickstoffoxide aus dem Kfz-Verkehr (Bezugsjahr 2000)	38
Abbildung 19:	Emissionsraten von PM ₁₀ aus dem Kfz-Verkehr (Bezugsjahr 2000)	39
Abbildung 20:	Mittlere Wochengänge des Verkehrsaufkommens für Frankfurt am Main-Höhenstraße zwischen dem 11.12.2003 – 29.02.2004	41
Abbildung 21:	Tagesmittelwerte für Stickstoffdioxid im Verlauf der Woche (Auswertzeitraum: 2000 - 2002)	42
Abbildung 22:	Tagesmittelwerte von PM ₁₀ für das Messjahr 2002	44
Abbildung 23:	Tagesmittelwerte für PM ₁₀ im Verlauf der Woche für den Auswertzeitraum von 2000 bis 2002 (bei Frankfurt am Main-Friedberger Landstr.: 2001 – 2002)	45
Abbildung 24:	Entwicklung der Stickstoffoxidemissionen für die Untersuchungsgebiete Rhein-Main und Untermain (interpolierte Angaben)	54
Abbildung 25:	Entwicklung der Staubemissionen für die Untersuchungsgebiete Rhein-Main und Untermain (interpolierte Angaben)	55
Abbildung 26:	Verkehrsbezogene Messstation Darmstadt-Hügelstraße	76

Abbildung 27:	Verkehrsbezogene Messstation Frankfurt-Friedberger Landstraße	77
Abbildung 28:	Verkehrsbezogene Messstation Wiesbaden-Ringkirche DTV-Wert: ca. 33.800 Fz./24h	77
Abbildung 29:	Mittlerer Wochengang des Verkehrs in Wiesbaden, Rheinstraße, vom 15.03.2004 bis 28.03.2004 (Messpunkt 47 und 48)	80
Abbildung 30:	Wochentagsverteilung der Verkehrsmengen in Frankfurt am Main- Friedberger Landstr. zwischen Zeißeßelstr. und Wielandstr. vom 07.02.2004 bis zum 11.02.2004 (Quelle: Stadt Frankfurt am Main, 2004)	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Immissionskenngrößen nach der 22. BImSchV für das Messjahr 2002	7
Tabelle 2:	Einwohnerzahlen der Städte und Gemeinden im Ballungsraum Rhein-Main (Stichtag: 31. Dezember 2001)	9
Tabelle 3:	Anzahl der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer und deren Verteilung auf die verschiedenen Wirtschaftsbereiche am 30.6.2001 [44]	15
Tabelle 4:	Verkehrsleistung im Ballungsraum Rhein-Main nach Straßentypen	19
Tabelle 5:	Zulassungszahlen von Pkws für die kreisfreien Städte Darmstadt, Frankfurt am Main und Wiesbaden (Stichtag: 01.01.2003) [73]	20
Tabelle 6:	Grenzwerte inklusive Toleranzmargen bis 2010 nach 22. BImSchV [13]	22
Tabelle 7:	Betroffenheit der Bevölkerung	29
Tabelle 8:	Emissionsbilanz für Stickstoffoxide (angegeben als NO ₂) im Ballungsraum Rhein-Main	31
Tabelle 9:	Prozentuale Verteilung der Emissionen von Stickstoffoxiden, aufgeschlüsselt nach Gemeinden (angegeben als NO ₂ , Bezugsjahr 2000)	32
Tabelle 10:	Emissionsbilanz für PM ₁₀ im Ballungsraum Rhein-Main	34
Tabelle 11:	Prozentuale Verteilung der Emissionen von PM ₁₀ , aufgeschlüsselt nach Gemeinden (Bezugsjahr 2000)	35
Tabelle 12:	Emissionen für NO _x und PM ₁₀ nach Straßentypen und für einzelne Autobahnabschnitte	37
Tabelle 13:	Differenz der Tagesmittelwerte von NO ₂ (Auswertzeitraum 2000 bis 2002)	43
Tabelle 14:	Anzahl der Tage mit einem Tagesmittelwert größer 50 µg PM ₁₀ /m ³ in den Jahren 2001 und 2002	46
Tabelle 15:	Aufschlüsselung der Emissionsrate des Kfz-Verkehrs nach Kfz-Klassen für die Friedberger Landstraße in Frankfurt am Main (Bezugsjahr: 2003)	47
Tabelle 16:	Immissionseintrag von außen für die Aufpunkte im Ballungsraum Rhein-Main aus der Modellrechnung (Jahresmittelwerte für 2002)	48
Tabelle 17:	Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte und deren Aufgliederung nach dem Ort der Emission	49
Tabelle 18:	Berechnete PM ₁₀ -Jahresmittelwerte und deren Aufgliederung nach dem Ort der Emission	50
Tabelle 19:	Aufschlüsselung des NO ₂ -Jahresmittelwertes nach Emittentengruppen	51
Tabelle 20:	Aufschlüsselung des PM ₁₀ -Jahresmittelwertes nach Emittentengruppen	52
Tabelle 21:	Übersicht über die Abgasnormen der EU	56
Tabelle 22:	Jahresfahrleistung im Ballungsraum Rhein-Main	56
Tabelle 23:	Schätzwerte der PM ₁₀ -Belastung für 2005	64
Tabelle 24:	Daten der Stationen im Ballungsraum Rhein-Main (Stand 2002)	75
Tabelle 25:	Geräteausstattung der Luftmessstationen (Stand 2002)	75
Tabelle 26:	Angaben zu den Messstationen, an denen ein Immissionsgrenzwert für NO ₂ bzw. PM ₁₀ überschritten ist	76
Tabelle 27:	Berufspendler, die im Regierungsbezirk Darmstadt wohnen und ihn zur Arbeit verlassen (Stichtag: 30.06.2002)	83
Tabelle 28:	Einpendler in den Ballungsraum Rhein-Main und Nachbarkreise (Stichtag: 30.06.2002)	84

1 Aufgabenstellung

Mit der Verabschiedung der „Luftqualitätsrahmenrichtlinie“ von 1996 [27] hat die Europäische Union eine neue Qualität der Luftreinhaltepolitik in Europa eingeleitet. Mit einer Richtlinie und den nachfolgend verabschiedeten Tochterrichtlinien wurden Luftqualitätsziele für einzelne Luftschadstoffe festgelegt, die von den Mitgliedstaaten umzusetzen waren.

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in den letzten 25 Jahren waren erfolgreich, wie die vorliegenden Luftreinhaltepläne alter Prägung und die Berichte mit Ergebnissen der Emissions- und Immissionsüberwachung aus den letzten Jahren zeigen.

Die Erhebungen für den jetzt zu erstellenden Luftreinhalteplan bauen in großem Umfang auf die in früheren Jahren durchgeführten Emissions- und Immissionserhebungen in der Region auf. 1975 wurden in Hessen Belastungsgebiete nach § 47 BImSchG [1] ausgewiesen; die Belastungsgebiete Rhein-Main (Wiesbaden) und Untermain (das Gebiet von Raunheim im Westen über Frankfurt am Main, Offenbach, Hanau bis Großkrotzenburg im Osten) sind jetzt in dem das gesamte Untermaingebiet bis Darmstadt und Wiesbaden umfassenden „Gebiet des Luftreinhalteplans Ballungsraum Rhein-Main“ enthalten.

Der Luftreinhalteplan mit Maßnahmenplan enthält eine Dokumentation der Belastungssituation sowie für die Messstationsstandorte mit festgestellter Immissionsgrenzwertüberschreitung eine emittentenbezogene Ursachenanalyse, die beschreibt, welche Emittentengruppen die erhöhten Immissionsbelastungen verursachen, und einen Maßnahmenplan, der aufzeigt, mit welchen Maßnahmen die Immissionsbelastung unter die Immissionsgrenzwerte abgesenkt werden kann.

Der Luftreinhalteplan soll nachvollziehbar machen, wie die zur Senkung der Immissionsbelastung erforderlichen Maßnahmen begründet sind und wie sie zur Verringerung der Immissionsbelastung beitragen.

1.1 Rechtsgrundlage

Mit der Novelle der 22. BImSchV vom 11. September 2002 [13], die die Anforderungen der EG-Luftqualitätsrahmenrichtlinie sowie der 1. und 2. Tochterrichtlinie [30, 33] in deutsches Recht umsetzt, wurden unter anderem auch die Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) und Staub (angegeben als PM₁₀¹) deutlich verschärft. Der „Lufthygienische Jahresbericht 2002“ [39], in dem die Immissionskenngrößen erstmals entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV [13] berechnet wurden, weist Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes „Jahr“ für NO₂ und des Immissionsgrenzwertes „Tag“ bei PM₁₀ im Messjahr 2002 für Immissionsmessstationen im Ballungsraum Rhein-Main aus. Gegenüber dem Messjahr 2001 hat sich dabei die Immissionssituation – gekennzeichnet durch Konzentrationsangaben – nicht verschlechtert. Nach § 47 BImSchG [1] ist aufgrund der für das Messjahr 2002 festgestellten Immissionsgrenzwertüberschreitungen bei NO₂ und PM₁₀ ein Luftreinhalteplan zu erstellen.

¹ PM₁₀: Partikel, die einen gröbenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist [30].

Der Inhalt des zu erstellenden Luftreinhalteplanes wird durch die in Anlage 6 der 22. BImSchV [13] angegebene Liste der zu berücksichtigenden Informationen bestimmt.

Aufgabe des Luftreinhalteplanes ist es dabei, während seiner Laufzeit im Ballungsraum die Immissionsgrenzwertüberschreitungen bei NO₂ und PM₁₀ abzubauen. Die Immissionsgrenzwerte für NO₂ und PM₁₀ dienen dem Schutz der menschlichen Gesundheit, und dieses Schutzziel gibt der Umsetzung der zur Verbesserung der Luftqualität erforderlichen Maßnahmen Nachdruck.

Mit Datum vom 20. Februar 2004 hat die EU-Kommission die Modalitäten festgelegt, nach denen die der EU-Kommission vorzulegenden Informationen über „Pläne oder Programme in Bezug auf Luftqualitätsgrenzwerte“ zu strukturieren sind [54]. Dieser weitgehend auf eine komplexe Tabellenform abstrahierte Informationsbericht fasst die Aussagen des Luftreinhalteplanes zusammen und ermöglicht eine Auswertung der Aussagen des Luftreinhalteplanes mittels Datenverarbeitung. Auf Anfrage sind der EU-Kommission aber auch die vollständigen Luftreinhaltepläne zur Verfügung zu stellen.

Mit der Richtlinie 1999/30/EG des Rates der Europäischen Gemeinschaften [27] vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1. Tochterrichtlinie [30]) wurden die bisher geltenden Immissionsgrenzwerte durch neue, auf Grund neuer Erkenntnisse der Weltgesundheitsorganisation (WHO) festgesetzte, niedrigere Grenzwerte abgelöst. Dabei wurden teilweise auch die Definitionen der Kenngrößen verändert und bei Staub die Messungen auf den Feinstaubanteil kleiner 10 µm Teilchendurchmesser beschränkt (s. Fußnote 1). Außerdem werden die Grenzwerte nicht mehr als Mittelwert für eine Fläche betrachtet, sondern sind als punktbezogene Messungen zu interpretieren. Entsprechend sind auch die Standortkriterien für Messstationen europaweit vereinheitlicht, und die Messstationen an verkehrsbezogenen Standorten sind dabei zu einem wichtigen bestimmenden Bestandteil der Immissionsüberwachung geworden.

Der Plan wurde vom Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV) als zuständiger Behörde zusammen mit den in Anhang 2 aufgeführten Behörden unter Beteiligung der Öffentlichkeit erstellt. In der beiliegenden Zusammenfassung sind die Gründe und Erwägungen für die Entscheidung dargelegt, die sich aus den fristgerecht eingegangenen Anregungen und Bedenken im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung ergeben haben.

1.2 Abgrenzung des Gebietes

Das Rhein-Main-Gebiet stellt einen großen Wirtschaftsraum mit den Großstädten Frankfurt am Main, Wiesbaden, Darmstadt und Offenbach dar. Die Festlegung dieses Ballungsraumes (Abbildung 1) erfolgte 2002 auf der Grundlage der Messergebnisse und der damaligen Forderungen aus den EG-Richtlinien [27, 30]. Aufgrund der hohen Einwohnerdichte, der Wirtschafts- und Verkehrsstruktur sowie der naturräumlichen Gliederung in Verbindung mit den Kenntnissen der Luftbelastung dieses Raumes wurde ein Luftreinhalteplan für das gesamte Gebiet des „Ballungsraumes Rhein-Main“ entwickelt. Aufgrund allein der rechtlichen Kriterien hätten auch drei getrennte Luftreinhaltepläne für Frankfurt am Main, Wiesbaden und Darmstadt erstellt werden können.

1.3 Auslösende Kriterien für die Erstellung des Planes

Die Kriterien der 22. BImSchV sehen vor, dass bei Überschreiten von Grenzwerten (+ Toleranzmarge) im Jahre 2002 Luftreinhaltepläne aufgrund der rechtlichen Vorgaben zu erstellen sind. Diese Daten sind in Tabelle 1 für die Stationen im Rhein-Main-Gebiet enthalten, die rot bzw. fett markierten Werte stellen Überschreitungen dar.

Tabelle 1: Immissionskenngrößen nach der 22. BImSchV für das Messjahr 2002

Komponente	PM ₁₀		NO ₂		NO _x	SO ₂			CO	C ₆ H ₆
	µg/m ³		µg/m ³		µg/m ³	µg/m ³			mg/m ³	µg/m ³
Einheit	24-h	Jm	1-h	Jm	Jm	1-h	24-h	Jm/Wm	8-h	Jm
Kenngröße	24-h	Jm	1-h	Jm	Jm	1-h	24-h	Jm/Wm	8-h	Jm
GW (+TM)	65	45	280	56	30¹⁾	440	124	20¹⁾	16	10
Zulässige Überschreitungen/Jahr	35		18			24	3		-	
Situation in 2002	Anz.	Wert	Anz.	Wert	Wert	Anz.	Anz.	Wert	Anz.	Wert
Darmstadt	18	28	0	33	56	0	0	3 4	0	
Darmstadt-Hügelstr.	29	40	0	67	272				0	4
Ffm.-Friedb. Landstr.	49	43	0	65	174				0	3
Ffm.-Höchst	15	30	0	47	103	0	0	5 5	0	
Ffm.-Ost	13	31	0	39	87	0	0	5 6		
Hanau	17	33	0	46	100	0	0	5 7	0	
Kleiner Feldberg ²⁾			0	10	14	0	0	3 4		
Königstein ²⁾			0	14	20	0	0	3 3		
Offenbach	9	27	0	38	70	0	0	5 6	0	
Raunheim	9	26	0	39	81	0	0	7 9	0	
Riedstadt ²⁾	15	30	0	26	47	0	0	4 5		
Wiesbaden-Ringkirche	7	27	0	58	175				0	4
Wiesbaden-Süd	14	29	0	35	71	0	0	4 6	0	1

Abkürzungen und Erläuterungen:

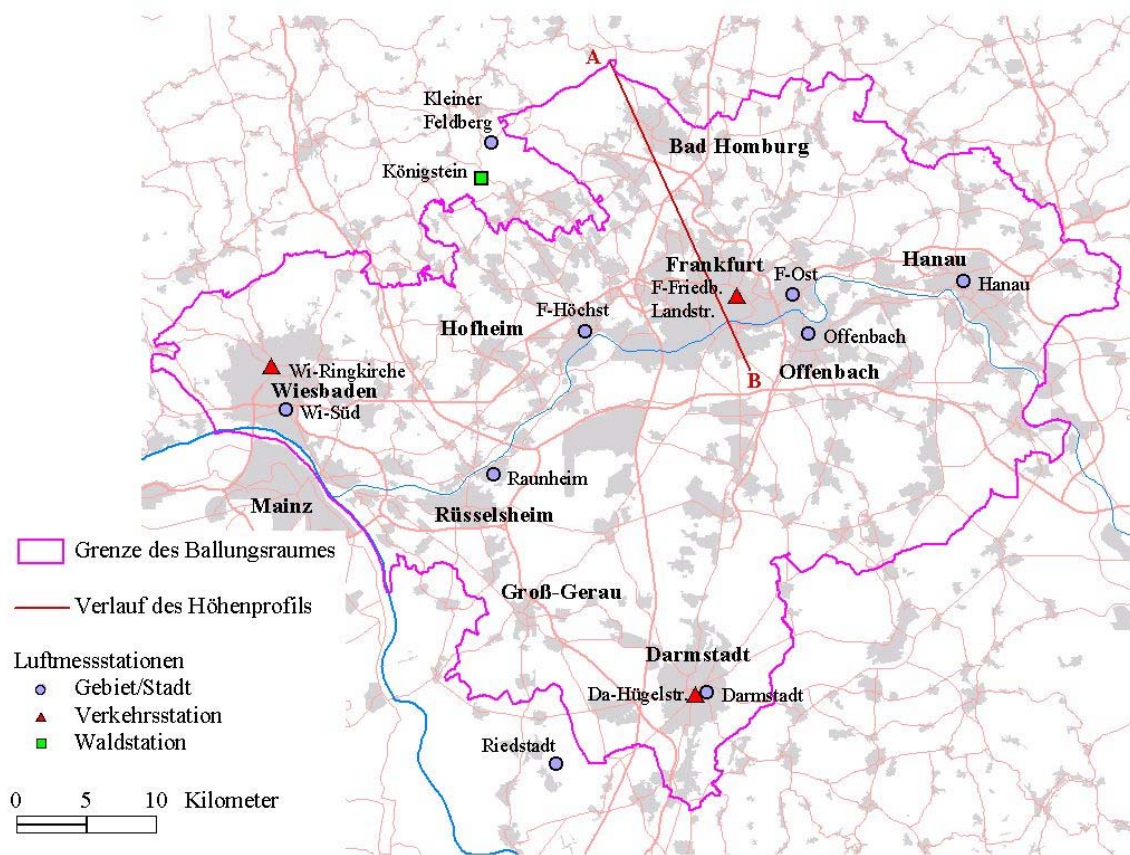
C₆H₆: Benzol, Jm: Jahresmittel, Wm: Wintermittel, GW(+TM): Grenzwert oder Grenzwert plus Toleranzmarge

¹⁾ Abstandskriterium (Entfernung zur nächsten Bebauung) in Hessen nicht erfüllt.

²⁾ Ländliche Vergleichsstation am Rand des Ballungsraums.

In Tabelle 1 sind die aus dem „Lufthygienischen Jahresbericht 2002“ [39] mit den nach den Anforderungen der 22. BImSchV [13] berechneten Immissionskenngrößen für die Stationen des Luftmessnetzes im Ballungsraum wiedergegeben. An den drei Verkehrsstationen im Ballungsraum Rhein-Main überschreiten bei NO₂ die Jahresmittelwerte den Immissionsgrenzwert. Bei PM₁₀ ist an einer der Verkehrsstationen der Kurzzeitgrenzwert überschritten. Da an den Verkehrsstationen der Kfz-Verkehr mit seinen Emissionen als Ursache der erhöhten Immissionsbelastung sowohl bei NO₂ als auch bei PM₁₀ wahrscheinlich ist, werden die Ausarbeitungen für NO₂ und PM₁₀ gemeinsam vorgelegt. Die Ursachenanalyse und die Effektivitätsabschätzung für die Maßnahmen werden dabei nach Komponenten und nach den Standorten der Verkehrsstationen differenziert durchgeführt. Der Luftreinhalteplan wird für den Bereich der drei Verkehrsstationen im Ballungsraum Rhein-Main (Frankfurt am Main, Darmstadt, Wiesbaden) unter Berücksichtigung der Immissionsituation im gesamten Ballungsraum für die Komponenten NO₂ und PM₁₀ erstellt; dabei ist der Maßnahmenplan gemeinsam für NO₂ und PM₁₀ entwickelt.

Abbildung 1: Gebiet des Luftreinhalteplanes „Ballungsraum Rhein-Main“



2 Charakteristik des Ballungsraumes

Die Argumente, die zu einer Ausweisung eines die Schwerpunkte Darmstadt, Frankfurt am Main und Wiesbaden zusammenfassenden Ballungsraumes geführt haben, werden im Folgenden dargelegt. Das Rhein-Main-Gebiet als Ballungsraum ist geprägt durch die zentrale Großstadt Frankfurt am Main und die Großstädte Wiesbaden, Darmstadt und Offenbach sowie eine Reihe von Umlandgemeinden mit einer Gesamt-Bevölkerungszahl von etwa 2,3 Mio. Einwohnern sowie einer Bevölkerungsdichte von ca. 1.245 Einwohnern je Quadratkilometer. Aufgrund der orographischen Situation und der hohen Siedlungsdichte ist der Luftreinhalteplan für das gesamte Gebiet dieses Ballungsraumes erstellt worden, da auch die Grundbelastung in diesem Gebiet aufgrund der hohen Siedlungsdichte sehr hoch ist.

2.1 Abgrenzung des Ballungsraums Rhein-Main für den Luftreinhalteplan

Die Liste der Gemeinden, die zum Ballungsraum Rhein-Main gehören, ist in Tabelle 2 wiedergegeben; dabei ist für jede Gemeinde die Einwohnerzahl, die Fläche der Gemeinde und – bezogen auf diese Fläche – die Einwohnerdichte angegeben [44].

Nach § 1, Ziffer 7 in Verbindung mit § 9 der 22. BImSchV [13] ist als Ballungsraum „ein Gebiet mit mindestens 250.000 Einwohnern, das aus einer oder mehreren Gemeinden besteht, oder ein Gebiet, das aus einer oder mehreren Gemeinden besteht, welche jeweils eine Einwohnerdichte von 1.000 Einwohnern oder mehr je Quadratkilometer bezogen auf die Gemarkungsfläche haben und die zusammen mindestens eine Fläche von 100 Quadratkilometern darstellen“ festzulegen.

Tabelle 2: Einwohnerzahlen der Städte und Gemeinden im Ballungsraum Rhein-Main (Stichtag: 31. Dezember 2001)

Stadt/Gemeinde	Fläche [km²]	Einwohner	Bevölkerungsbewegung ¹⁾	Einwohner je km²
Bad Homburg	51,17	52.858	0,0 %	1.033
Bad Soden (Taunus)	12,55	20.753	0,3 %	1.654
Bad Vilbel	25,65	29.978	0,9 %	1.169
Bischofsheim	9,03	12.196	-0,3 %	1.351
Bruchköbel	29,68	20.450	0,3 %	689
Büttelborn	30,01	13.269	-0,1 %	442
Darmstadt	122,23	138.457	0,2 %	1.133
Dietzenbach	21,67	33.350	1,1 %	1.539
Dreieich	53,31	40.084	-0,1 %	752
Egelsbach	14,82	9.724	0,1 %	656
Erlensee	18,59	12.318	-0,2 %	663
Erzhausen	7,40	6.616	-	894
Eschborn	12,14	20.015	2,0 %	1.649
Flörsheim (Main)	22,95	19.455	1,1 %	848
Frankfurt	248,31	641.076	-0,8 %	2.582
Ginsheim-Gustavsburg	13,94	16.095	-0,3 %	1.155
Griesheim	21,41	24.730	1,4 %	1.155
Groß-Gerau	54,47	23.342	-0,0 %	428
Großkrotzenburg	7,45	7.168	-0,6 %	963

Stadt/Gemeinde	Fläche [km²]	Einwohner	Bevölkerungsbewegung ¹⁾	Einwohner je km²
Hainburg	15,95	15.267	0,3 %	957
Hanau	76,49	88.801	0,6 %	1.161
Hattersheim (Main)	15,82	24.858	0,4 %	1.571
Heusenstamm	19,03	18.828	-0,2 %	989
Hochheim (Main)	19,43	17.232	2,1 %	887
Hofheim (Taunus)	57,38	37.638	0,5 %	656
Karben	43,95	21.385	0,0 %	487
Kelkheim (Taunus)	30,65	26.894	0,5 %	877
Kelsterbach	15,38	14.263	-0,1 %	928
Kriftel	6,76	10.639	-0,6 %	1.574
Langen	29,12	35.390	0,5 %	1.215
Liederbach (Taunus)	6,20	8.323	2,2 %	1.341
Maintal	32,40	38.345	0,4 %	1.184
Mörfelden-Walldorf	44,16	32.682	1,6 %	740
Mühlheim (Main)	20,67	26.220	0,5 %	1.268
Nauheim	13,77	10.357	-0,5 %	752
Neu-Isenburg	24,31	35.811	0,8 %	1.473
Niederdorffelden	6,55	2.942	-0,4 %	449
Obertshausen	13,62	24.676	0,1 %	1.811
Oberursel (Taunus)	45,37	42.362	0,6 %	934
Offenbach (Main)	44,90	118.429	0,8 %	2.638
Raunheim	12,61	13.265	1,6 %	1.052
Rodenbach	16,73	11.496	0,5 %	687
Rödermark	29,99	26.126	0,3 %	871
Rodgau	65,04	43.230	0,2 %	665
Rüsselsheim	58,30	59.551	0,3 %	1.021
Schöneck	21,49	11.152	0,9 %	519
Schwalbach (Taunus)	6,47	14.158	-0,3 %	2.188
Seligenstadt	30,84	19.206	0,7 %	623
Steinbach (Taunus)	4,40	10.219	0,5 %	2.320
Sulzbach (Taunus)	7,85	8.250	0,6 %	1.051
Weiterstadt	34,40	23.981	0,3 %	697
Wiesbaden	203,90	271.076	0,4 %	1.329
Ballungsraum	1850,71	2.304.986	0,1 %	1.245
Hessen	21.114,32	6.077.826	0,2 %	288

¹⁾ Zu- bzw. Abnahme gegenüber 31.12.2000.

-: genau Null (nicht vorhanden) bzw. keine Veränderung eingetreten.

Blau: Städte und Gemeinden im Planungsverband Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt [44]

2.2 Naturräumliche und orographische Gliederung

Aus naturräumlicher Sicht gehört der Ballungsraum Rhein-Main zum „Rhein-Main-Tiefland“, das überwiegend deckungsgleich mit dem Ballungsraum ist. Der Begriff „Tiefland“ macht deutlich, dass es sich um ein Gebiet handelt, das ähnlich wie bei einer Kessel- oder Beckenlage – nur etwas weitläufiger – ringsum von Höhenzügen abgeschirmt ist. Der Taunus im Norden, der Spessart im Osten und der Odenwald im Südosten bis Süden begrenzen die Rhein-Main-Ebene nach Norden und Osten; nach Westen erstreckt sich der Ballungsraum Rhein-Main bis zum Rhein bzw. der Landesgrenze zwischen Rheinland-Pfalz und Hessen. Abbildung 2 veranschaulicht mit einer dreidimensionalen Darstellung die Geländestruktur.

Die Höhenzüge, die die Rhein-Main-Ebene ringsum vor starken Winden abschirmen, sind die Ursache für das milde Klima in der Rhein-Main-Ebene, aber auch den vergleichsweise wenig effektiven Luftaustausch im Ballungsraum (siehe auch Abbildung 3).

Abbildung 2: Höhenprofil des Ballungsraums Rhein-Main

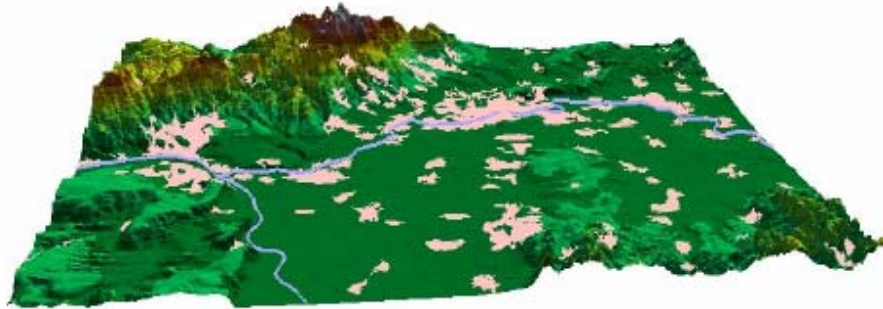
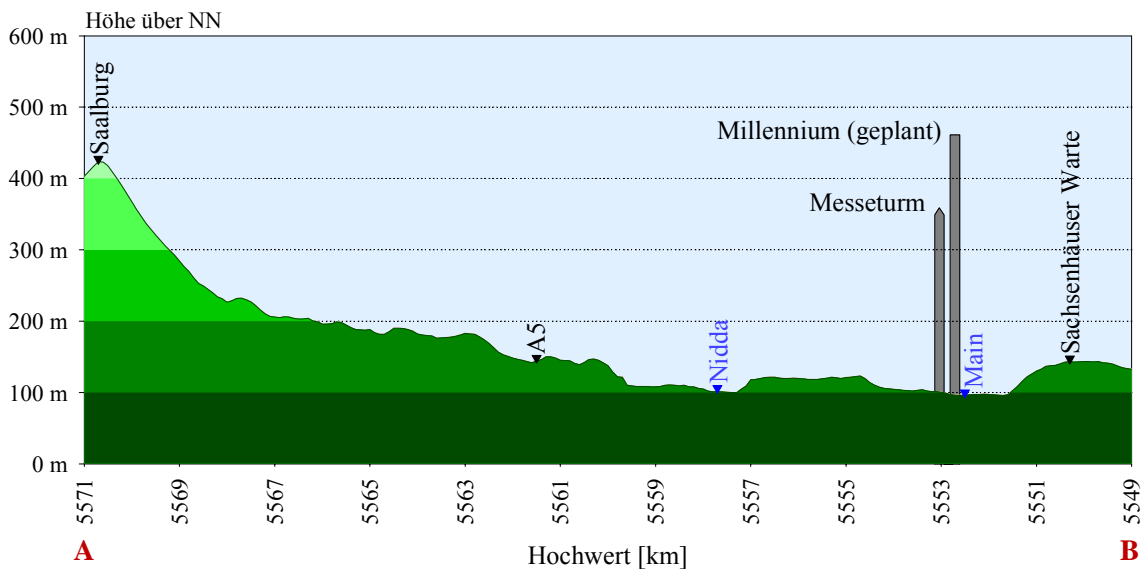


Abbildung 3: Geländeschnitt von der Saalburg zur Sachsenhäuser Warte



Höhenmaßstab 15mal größer als der Längenmaßstab, Verlauf des Geländeschnitts siehe Abbildung 1.

2.3 Charakterisierung des Klimas

Der Ballungsraum Rhein-Main wird dem warmgemäßigten Regenklima zugerechnet. Die einzelnen Klimatelemente sind hier vor allem von der Lage und orographischen Höhe des untersuchten Gebietes abhängig. Die Niederungen mit Höhenlagen zwischen 100 m und 300 m über NN sind gekennzeichnet durch vergleichsweise niedrige Windgeschwindigkeiten, relativ hohe Lufttemperaturen und geringe Niederschlagshöhen, deren Hauptanteile in die Sommermonate fallen, wenn durch die hohe Einstrahlung verstärkt Schauer und Gewitter auftreten. In Flusstälern und Talauen kommt es vor allem im Herbst und Winter zur

Nebelbildung. In den dichter besiedelten Gebieten bilden sich durch den anthropogenen Einfluss so genannte Stadtklimate mit den bekannten Wärmeinseleffekten.

Bioklimatisch wird der Ballungsraum Rhein-Main nach der Bioklimakarte des Deutschen Wetterdienstes [48] als „belastender“ Verdichtungsraum ausgewiesen, gekennzeichnet durch die folgenden klimatischen Eigenschaften:

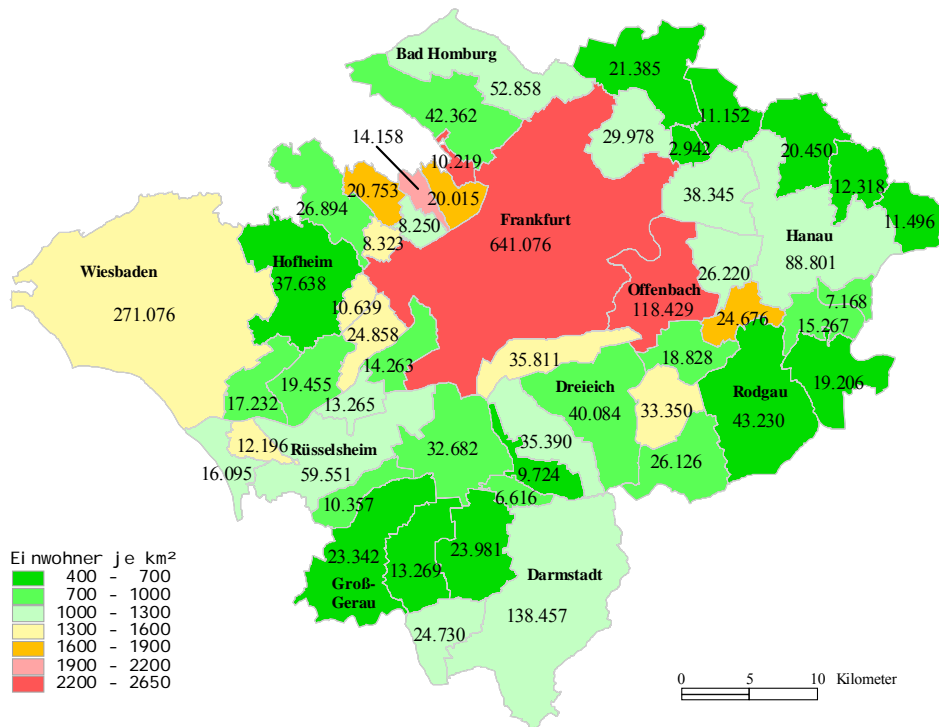
- Wärmebelastung durch Schwüle und hohe Lufttemperaturen im Sommer,
- stagnierende Luft, verbunden mit geschlossener Wolkendecke, hoher Feuchtigkeit und Temperaturen um 0 °C im Winter,
- verminderte Strahlungsintensität durch Niederungs- bzw. Industriedunst und Nebel,
- erhöhtes Risiko zur Anreicherung von Schadstoffen wegen der oft niedrigen Windgeschwindigkeit.

Aus lufthygienischer Sicht sind vor allem die oft niedrigen Windgeschwindigkeiten und im Zusammenhang damit die Häufigkeit von Zeiten mit ungünstigem Luftaustausch charakteristisch.

2.4 Siedlungsstruktur, Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur

Für die Beschreibung der Emissionsstruktur ist es erforderlich, sowohl die Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur und auch die Flächennutzung in dem Ballungsraum kurz anzusprechen.

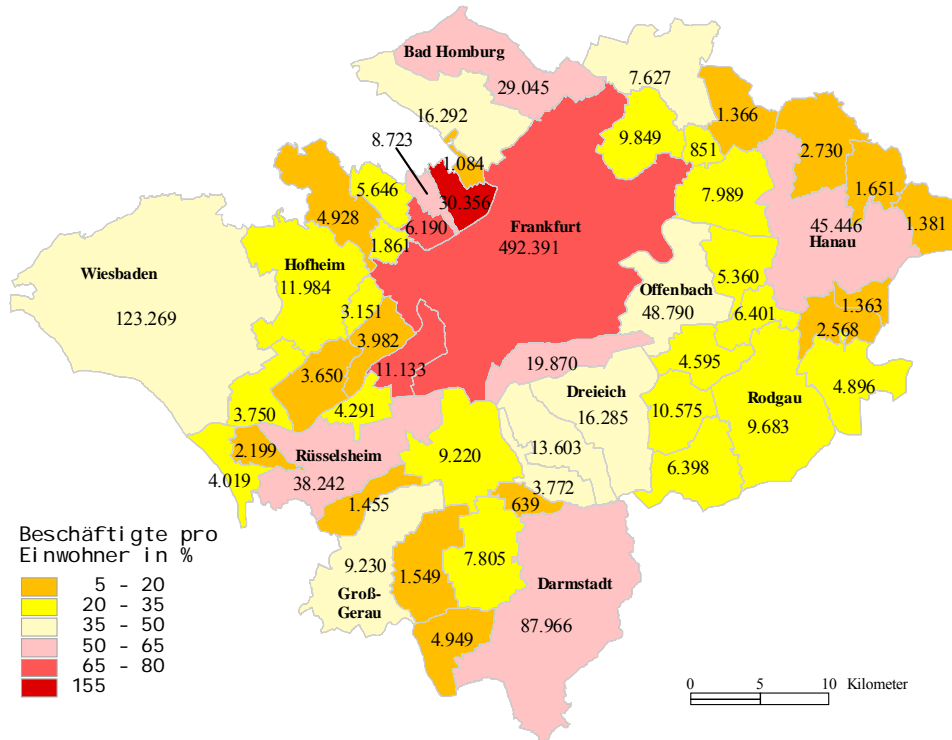
Abbildung 4: Bevölkerung im Ballungsraum Rhein-Main
 (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt, 2002 [44])



2.4.1 Einwohnerdichte und Arbeitsplätze

Die Zahl der Einwohner und die Einwohnerdichte [44], bezogen auf die Gemeindefläche, ist aufgeschlüsselt nach Gemeinden für den Ballungsraum Rhein-Main in Abbildung 4 (siehe auch Tabelle 2) dargestellt. Die Einwohnerdichte variiert zwischen 428 Einwohner je km² in der Gemeinde Groß-Gerau und 2.638 Einwohner je km² in der Gemeinde Offenbach. Da der Anteil der Freiflächen bzw. des bebauten Gebietes bezogen auf die Fläche der Gemeinde sehr unterschiedlich bei den Gemeinden im Ballungsraum ausfällt, gibt die Einwohnerdichte – bezogen auf die Gemeindefläche – nur eine erste Orientierung.

Abbildung 5: Anzahl der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer im Ballungsraum Rhein-Main
 (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt, 2002 [44])



In Abbildung 5 ist die Zahl der Beschäftigten je Gemeinde als Zahlenangabe und die Zahl der Beschäftigten zu Einwohnern als Farbstufe – ähnlich wie die Einwohnerzahl in Abbildung 4 – eingetragen. Die Zahl von 151 Beschäftigten bzw. Arbeitsplätzen auf 100 Einwohner für Eschborn ist das extreme Beispiel; aber auch die vielen anderen Gemeinden im Ballungsraum mit mehr als 20 Arbeitsplätzen auf 100 Einwohner lassen erkennen, dass ein großer Bedarf an Beförderungsleistung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz besteht. Obwohl bei der Ausweisung des Ballungsraumes schon Randgemeinden einbezogen wurden, zeigt das Verhältnis zwischen Zahl der Beschäftigten zu Einwohnern, dass zusätzlich zu den Pendlerbewegungen innerhalb des Ballungsraumes noch ein starker Pendlerverkehr morgens von außerhalb des Ballungsraumes in den Ballungsraum und am Nachmittag umgekehrt besteht. Die letzte Pendlerstatistik des Planungsverbandes „Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main“ [72] weist im Verbandsgebiet rd. 1 Mio. Beschäftigte, aber nur 785.000 Einwohner in den Mitgliedsgemeinden aus, die einer sozialversicherungspflichtigen Tätigkeit nachgehen. Rund 313.000 Beschäftigte pendelten 2001 ein bzw. rund 86.000 pendelten aus.

Tabelle 3: Anzahl der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer und deren Verteilung auf die verschiedenen Wirtschaftsbereiche am 30.6.2001 [44]

Stadt/Gemeinde	Beschäftigte Arbeitnehmer (= 100%)	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei [%]	Produzierendes Gewerbe [%]	Handel, Gastgewerbe, Verkehr [%]	Fianzierung, Vermietung ¹⁾ [%]	öffentliche u. private Dienstleister [%]
Bad Homburg	29.045	0,28	22,11	22,58	32,28	22,75
Bad Soden (Taunus)	5.646	0,14	8,73	16,45	40,26	34,41
Bad Vilbel	9.849	1,11	19,81	25,19	37,81	16,08
Bischofsheim	2.199	2,46	22,51	49,61	13,69	11,73
Bruchköbel	2.730	4,80	26,04	28,35	18,28	22,53
Büttelborn	1.549	2,19	28,47	33,44	16,79	19,11
Darmstadt	87.966	0,28	28,56	19,62	22,59	28,95
Dietzenbach	10.575	0,45	21,72	53,13	13,64	11,05
Dreieich	16.285	1,23	22,90	41,32	24,94	9,62
Egelsbach	3.772	0,21	50,21	33,01	7,50	9,07
Erlensee	1.651	0,42	30,41	30,47	17,02	21,68
Erzhausen	639	1,25	29,26	19,72	20,19	29,58
Eschborn	30.356	0,07	12,09	28,26	44,20	15,38
Flörsheim (Main)	3.650	1,34	30,71	30,55	14,85	22,55
Frankfurt am Main	492.391	0,19	14,58	28,83	39,25	17,15
Ginsheim-Gustavsburg	4.019	0,45	40,43	27,72	18,29	13,11
Griesheim	4.949	2,85	29,62	31,66	17,96	17,90
Groß-Gerau	9.230	0,38	29,15	26,16	15,53	28,78
Großkrotzenburg	1.363	.	49,89	17,39	.	23,26
Hainburg	2.568	2,41	45,05	25,19	10,12	17,21
Hanau	45.446	0,49	38,58	24,92	17,15	18,86
Hattersheim (Main)	3.982	1,00	31,37	38,50	10,92	18,21
Heusenstamm	4.595	0,46	32,60	42,55	11,23	13,17
Hochheim (Main)	3.750	1,07	25,25	28,83	25,60	19,25
Hofheim (Taunus)	11.984	0,77	23,12	34,09	16,31	25,71
Karben	7.627	1,02	67,82	13,03	7,38	10,74
Kelkheim (Taunus)	4.928	1,64	34,96	28,08	18,14	17,17
Kelsterbach	11.133	0,08	8,78	62,80	23,33	5,01
Kriftel	3.151	2,25	57,22	25,13	8,89	6,51
Langen	13.603	0,16	18,96	44,23	18,39	18,27
Liederbach (Taunus)	1.861	0,54	26,17	47,93	18,65	6,72
Maintal	7.989	1,06	45,21	33,85	7,82	12,05
Mörfelden-Walldorf	9.220	0,36	29,24	39,48	18,46	12,46
Mühlheim (Main)	5.360	0,71	44,74	29,24	11,53	13,79
Nauheim	1.455	3,02	43,71	20,62	13,75	18,90
Neu-Isenburg	19.870	0,34	28,84	34,19	25,44	11,20
Niederdorfelden	851	.	64,39	25,26	.	7,05
Obertshausen	6.401	0,48	63,38	15,39	9,56	11,19
Oberursel (Taunus)	16.292	0,39	19,57	19,82	45,09	15,13
Offenbach (Main)	48.790	0,30	29,08	21,77	26,43	22,42
Raunheim	4.291	0,47	33,95	43,07	16,13	6,39
Rodenbach	1.381	0,72	28,31	23,82	16,65	30,49
Rödermark	6.398	0,69	43,92	29,24	14,07	12,08
Rodgau	9.683	0,73	29,20	38,66	17,61	13,81
Rüsselsheim	38.242	0,21	64,77	10,34	13,75	10,93
Schöneck	1.366	1,76	35,94	27,96	13,03	21,30
Schwalbach (Taunus)	8.723	0,33	36,21	52,88	5,38	5,19
Seligenstadt	4.896	1,10	42,67	19,08	18,65	18,50
Steinbach (Taunus)	1.084	1,66	34,96	36,35	8,76	18,27
Sulzbach (Taunus)	6.190	0,37	12,02	38,66	37,98	10,97
Weiterstadt	7.805	0,69	32,93	37,39	18,85	10,15
Wiesbaden	123.269	0,39	19,95	22,37	27,41	29,88
Ballungsraum	1.162.048	0,37	23,11	27,50	30,03	19,89
Hessen	2.203.298	0,63	30,28	25,53	21,13	22,43

¹⁾ einschließlich Unternehmensdienstleister.

.: Zahlenwert unbekannt oder zu kleines Datenkollektiv.

2.4.2 Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur

Die Flächennutzung im Ballungsraum zeigt, dass die Gemeinden längs des Mains von Hanau über Frankfurt am Main/Offenbach, Rüsselsheim bis Wiesbaden schon fast zu einem geschlossenen bebauten Gebiet zusammengewachsen sind. Zusammenhängende Regenerationsräume für die Luft gibt es erst nördlich des Taunuskamms und in anderen Gebieten außerhalb des ausgewiesenen Ballungsraumes wie Spessart oder Odenwald.

Industriegebiete prägen den Charakter des Ballungsraumes nur in Einzelfällen. Deutlich wird die Wirtschaftsstruktur nach der in Tabelle 3 je Gemeinde wiedergegebenen Aufgliederung der Arbeitnehmer nach Wirtschaftsbereichen. In Frankfurt am Main sind nur knapp 15 % der Arbeitnehmer dem produzierenden Gewerbe zuzuordnen, während der Wirtschaftsbereich „Finanzierung, Vermietung“ einen Anteil von ca. 40 % hat. Die Autostadt Rüsselsheim hat dagegen einen Anteil von ca. 64 % der Arbeitnehmer im Wirtschaftsbereich „Produzierendes Gewerbe“.

Wie die Auflistung der Anzahl der Arbeitnehmer nach Wirtschaftsbereichen belegt, hat die Wirtschaftsstruktur im Ballungsraum ihren Schwerpunkt nicht in emissionsträchtigen Industriebetrieben, sondern bei Dienstleistungen, Verwaltung und vergleichbaren Wirtschaftsbereichen.

2.4.3 Verkehrsstruktur

Das Rhein-Main-Gebiet ist durch seine Lage mitten in Deutschland und Europa sowie durch seine Wirtschaftsstruktur und sein hohes Verkehrsaufkommen geprägt. Für den Straßen-, Schienen- und Luftverkehr bildet es eine Drehscheibe zwischen Nord und Süd sowie Ost und West. Neben dem Verkehr innerhalb des Ballungsraumes und in seinem direkten Umfeld trägt der Fernverkehr zur Luftbelastung erheblich bei. Dabei sind sowohl der Quell- und Zielverkehr als auch der Durchgangsverkehr zu betrachten. Zusätzlich zu den Emissionen des Straßenverkehrs sind die Beiträge aus dem Flug-, Schiffs- und Bahnverkehr zu berücksichtigen.

Aus den Zahlen der Verkehrsleistungen können die Kfz-Emissionen näherungsweise errechnet und bei der Planungsabwägung mit berücksichtigt werden. Um verkehrlenkende Maßnahmen in ihrer Wirkung auf die Immissionsbelastung z. B. an einer Immissionsmessstation in einer Straßenschlucht zu bewerten, sind mit einem Verkehrsplanungsmodell die Auswirkungen von Maßnahmen auf die Verkehrsströme zu berechnen und aus diesen Verkehrsströmen unter Berücksichtigung des Kfz-Flottenmixes und der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit für die betrachtete Komponente die Emissionsraten je Straßenabschnitt zu ermitteln. Schließlich ist die Gesamtbelastung mit einem die Bebauung berücksichtigenden Ausbreitungsmodell die aus den Emissionen im Untersuchungsgebiet (Hintergrund) und in der betrachteten Straßenschlucht speziell resultierenden Immissionsbelastungen zu berechnen. Solche Modellrechnungen sind sehr rechenaufwändig und benötigen eine große Zahl von Eingabedaten, die zum Teil nur mit erheblichem Aufwand zu erheben sind.

Die Pendlerbewegungen im Rhein-Main-Gebiet sind eine erhebliche Ursache des Verkehrsaufkommens. In Anhang 6 wird die Pendlerstatistik auszugsweise wiedergegeben. Zur Veranschaulichung sind die Angaben über die Berufspendler, die zur Arbeit nach Frankfurt am Main fahren bzw. die Frankfurt am Main verlassen, in Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt.

Abbildung 6: Berufspendler, die zur Arbeit nach Frankfurt am Main fahren [53]

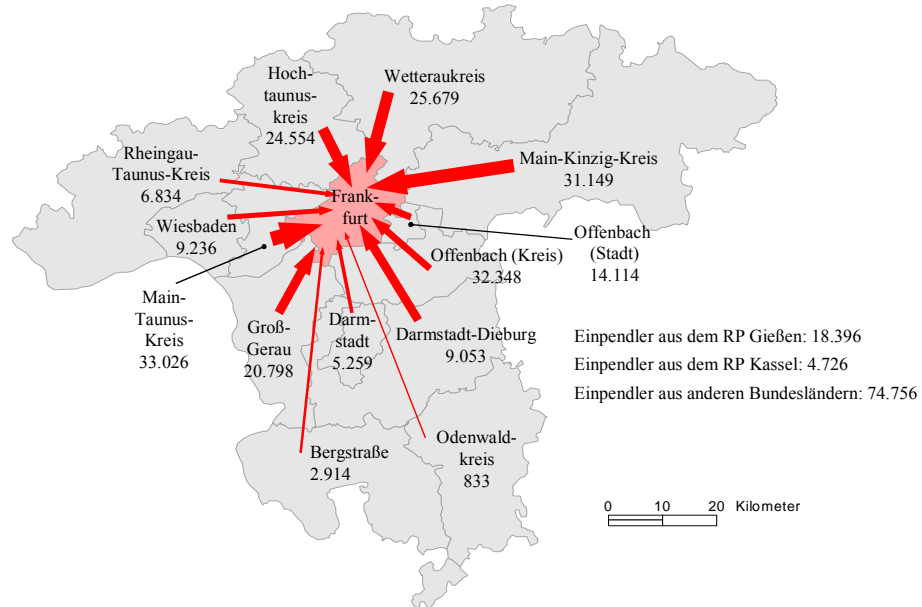
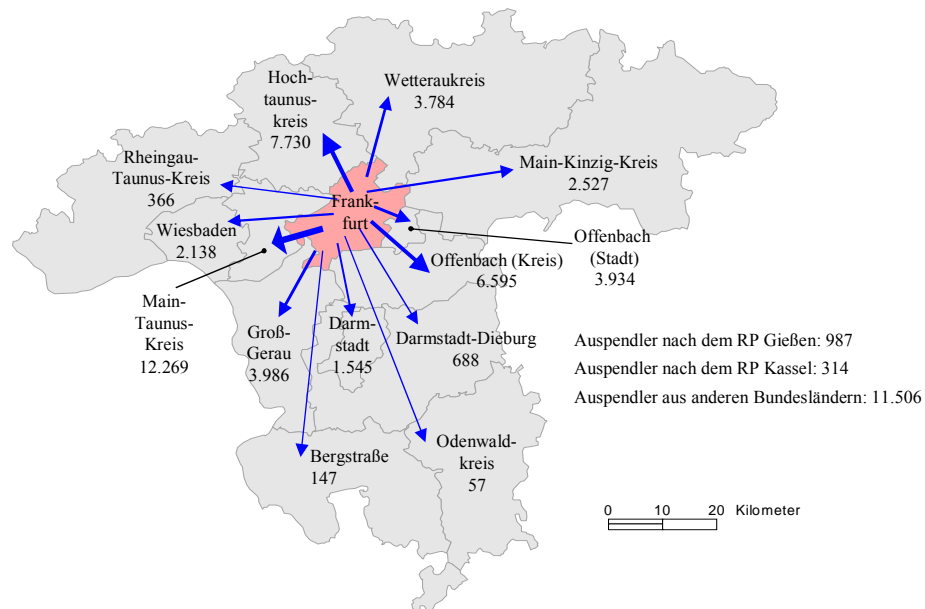


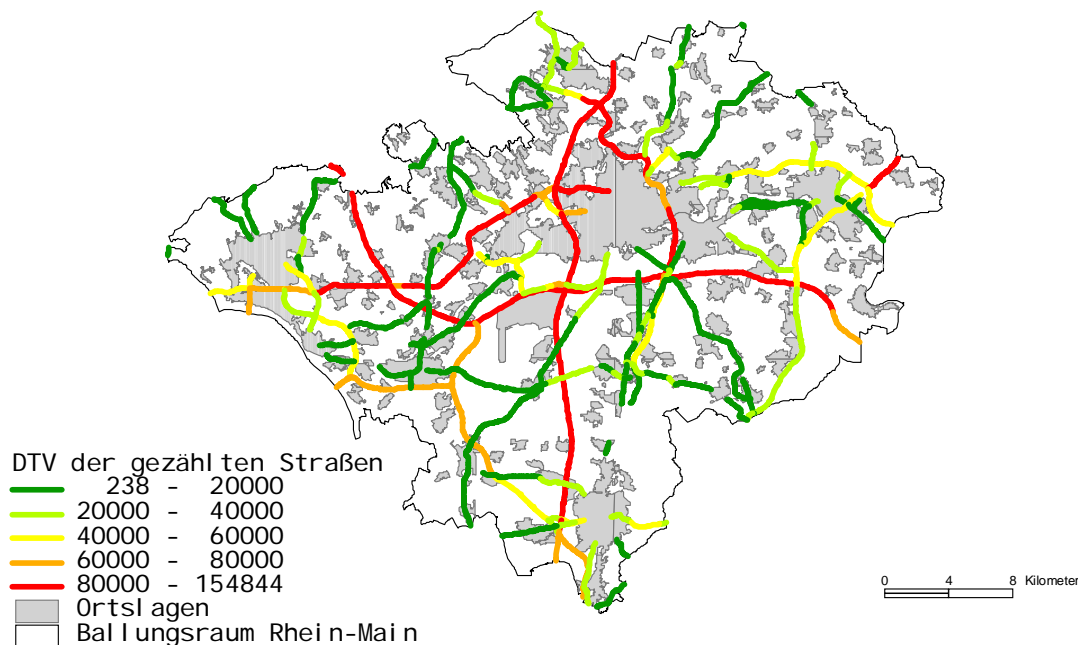
Abbildung 7: Berufspendler, die Frankfurt am Main verlassen [53]



2.4.3.1 Kfz-Verkehr

Bei der Beschreibung des Kfz-Verkehrs sind folgende Parameter für die Immissions-situation von Interesse: Die Struktur des Straßennetzes aus Autobahnen, Bundesstraßen sowie Gemeinde-, Kreis- und Landesstraßen und die Verkehrsströme auf diesen Straßen; die Verteilung des Kfz-Bestandes auf Pkw, Krafträder, leichte und schwere Lkw sowie Busse; die Verkehrsdichte über den Tag und den Verlauf der Woche. Für die Emissionsermittlung sind die Antriebsart, die Motorleistung und das Alter der Fahrzeuge und die Abgasnorm zur Emissionsbegrenzung, mit der sie zugelassen wurden, entscheidende Kriterien.

Abbildung 8: Verkehrsaufkommen aus Zählungen auf Autobahnen und Bundesstraßen nach der Verkehrsmengenkarte 2000 des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen



Straßennetz und Verkehrsströme

In Abbildung 8 ist das Netz der Autobahnen und Bundesstraßen im Ballungsraum Rhein-Main dargestellt. Auf diesem Straßennetz werden etwa zwei Drittel der Fahrleistung im Ballungsraum erbracht. Ergänzend ist noch die mittlere Verkehrsdichte (als DTV-Wert, durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge an einem Werktag) als Farbstufung angegeben.

In Tabelle 4 sind die 7.323 Kilometer Straße des Ballungsraumes nach Straßenklassen aufgeteilt und die Fahrleistungen auf diesen Straßen angegeben. Die Fahrleistung ist dann noch nach Kfz-Klassen (schwere Lkw, leichte Lkw, Busse) differenziert. Diese Auswertung wurde auch getrennt für die Städte Frankfurt am Main, Wiesbaden und Darmstadt durchgeführt. Tabelle 4 ist zu entnehmen, dass von der Gesamtfahrleistung im Ballungsraum Rhein-Main (16.952 Mio. km/a) nur 7.312 Mio. km/a (etwa 43 %) in den drei Städten Frankfurt am Main, Wiesbaden und

Darmstadt erbracht werden. Diese drei Städte haben einen Anteil von 46 % der Einwohner des Ballungsraumes Rhein-Main. Bei der Betrachtung der Fahrleistung ist festzustellen, dass z. B. in Frankfurt am Main 70 % der Fahrleistungen auf den Autobahnen im Stadtgebiet erbracht werden, die jedoch nur einen Anteil von 9 % des Straßennetzes haben. Dies macht zugleich deutlich, dass ein Großteil der Kfz-Emissionen, die im Ballungsraum freigesetzt werden, nicht in den Innenstädten der großen Städte, sondern auf den Autobahnen und im Umland emittiert werden und dabei die Hintergrundbelastung im Ballungsraum maßgeblich beeinflussen.

Tabelle 4: Verkehrsleistung im Ballungsraum Rhein-Main nach Straßentypen

	Straßenlänge in km	Fahrleistung in Mio. km/a	Anteil sLkw	Anteil lLkw	Anteil Bus	Anteil Krad	Anteil Pkw
Ballungsraum							
Autobahnen	444	8.567	9,9%	3,6%	0,3%	0,6%	85,6%
Bundesstraßen	593	2.945	4,7%	2,9%	0,6%	1,6%	90,2%
Gemeindestraßen	5.265	3.118	1,2%	2,4%	0,9%	2,8%	92,6%
Kreisstraßen	369	540	3,5%	2,8%	0,9%	2,4%	90,4%
Landesstraßen	651	1.782	3,2%	2,5%	0,7%	2,2%	91,4%
Summe	7.323	16.952	6,5%	3,1%	0,5%	1,4%	88,5%
Frankfurt am Main							
Autobahnen	128	2.699	8,8%	3,7%	0,3%	0,6%	86,6%
Bundesstraßen	106	424	4,8%	2,8%	0,9%	1,4%	90,1%
Gemeindestraßen	1.019	975	1,0%	2,4%	0,9%	2,8%	92,9%
Kreisstraßen	98	144	3,4%	2,8%	0,9%	2,8%	90,1%
Landesstraßen	90	191	3,4%	2,6%	0,8%	2,2%	91,0%
Summe	1.441	4.434	6,3%	3,2%	0,5%	1,3%	88,6%
Wiesbaden							
Autobahnen	55	913	8,2%	3,6%	0,3%	0,6%	87,3%
Bundesstraßen	56	282	2,8%	2,2%	0,8%	1,6%	92,6%
Gemeindestraßen	556	490	1,1%	2,4%	0,9%	2,8%	92,8%
Kreisstraßen	91	95	3,3%	2,8%	1,0%	2,8%	90,1%
Landesstraßen	59	113	2,6%	2,2%	0,8%	2,6%	91,8%
Summe	818	1.893	5,0%	3,0%	0,6%	1,5%	89,9%
Darmstadt							
Autobahnen	20	380	10,2%	2,7%	0,5%	0,7%	85,9%
Bundesstraßen	46	246	4,2%	2,5%	0,6%	1,7%	91,0%
Gemeindestraßen	325	291	1,1%	2,4%	0,9%	2,8%	92,8%
Kreisstraßen	17	14	3,4%	2,8%	0,9%	2,8%	90,1%
Landesstraßen	25	53	3,1%	2,5%	0,7%	2,6%	91,2%
Summe	433	985	5,5%	2,5%	0,7%	1,7%	89,6%
Hessen							
Autobahnen	1.314	22.129	13,1%	3,5%	0,5%	0,6%	82,3%
Bundesstraßen	3.440	12.492	7,4%	2,9%	0,7%	2,0%	87,0%
Gemeindestraßen	22.345	7.914	1,9%	2,5%	0,9%	2,8%	91,9%
Kreisstraßen	5.094	4.442	3,4%	2,8%	0,9%	2,8%	90,1%
Landesstraßen	7.209	9.113	4,0%	2,7%	1,0%	2,8%	89,5%
Summe	39.402	56.091	8,0%	3,1%	0,7%	1,7%	86,5%

Abkürzungen:

sLkw: schwere Lkw, lLkw: leichte Lkw (Lieferwagen), Bus: Busse, Krad: Krafträder,
Pkw: Pkw

Die Immissionssituation in einer Straßenschlucht wird im Wesentlichen durch ungünstige Austauschverhältnisse im Straßenraum und erst in zweiter Linie durch die Verkehrsdichte selbst

bestimmt. Auf Grund von Modellrechnungen kann festgestellt werden, dass erst bei Verkehrsdichten größer 15.000 – 20.000 Kfz/Tag (DTV-Wert) die Immissionsbelastungen in den Straßenschluchten im Grenzwertbereich liegen können. Eine ungünstigere Situation kann sich dann ergeben, wenn der Anteil an schweren Lkw oder Bussen überdurchschnittlich hoch ist und die Hintergrundbelastung den Grenzwert schon fast ausfüllt oder wenn extrem schlechte Ausbreitungsverhältnisse vorliegen.

In Tabelle 4 sind die nach Fahrzeugklassen aufgeschlüsselten Verkehrsleistungen zusammengestellt, die auf der Basis von Verkehrszählungen für die drei Straßenabschnitte, an denen die drei verkehrsbezogenen Immissionsmessstationen im Ballungsraum Rhein-Main liegen, erhoben wurden. Für die Analyse von Verkehrsdaten für lufthygienische Fragestellungen und die Entwicklung von Maßnahmenplänen kann es allerdings notwendig werden, die vorliegenden Ergebnisse der Verkehrszählungen durch weitere Erhebungen zu ergänzen, da für die Berechnungen der Emissionsraten des Kfz-Verkehrs für einen Straßenabschnitt nicht nur die Zahl der Kraftfahrzeuge, sondern auch das Emissionsverhalten entscheidend ist. Diese Fahrzeugklassen (Pkw, leichte Lkw, schwere Lkw und Busse, Motorräder) können bei manueller, aber stellenweise auch bei automatischer Zählung (mittels Zählstreifen) unterschieden werden.

Den Kraftfahrzeugzulassungsstellen liegen auf Kreisebene weitere Informationen über die Anzahl der zugelassenen Kraftfahrzeuge, aufgeschlüsselt nach verschiedenen Kriterien vor, die für die drei kreisfreien Städte Frankfurt am Main, Wiesbaden und Darmstadt für Pkw in Tabelle 5 zusammengestellt sind.

Tabelle 5: Zulassungszahlen von Pkws für die kreisfreien Städte Darmstadt, Frankfurt am Main und Wiesbaden (Stichtag: 01.01.2003) [73]

Zulassungsbezirk	Darmstadt		Frankfurt am Main		Wiesbaden	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Pkw insgesamt	72.672	100	332.630	100	178.220	100
Pkw mit Ottomotor	59.150	81	259.270	78	138.474	78
Pkw mit Dieselmotor	13.512	19	73.302	22	39.724	22
schadstoffreduzierte Pkw mit Ottomotor	56.938	78	247.703	74	132.633	74
schadstoffarm E 1	15.837	22	63.258	19	30.819	17
schadstoffarm E 2	9.545	13	37.765	11	19.530	11
schadstoffarm Euro 2	23.137	32	97.318	29	49.328	28
schadstoffarm Euro 3	4.422	6,1	23.299	7,0	14.701	8,2
schadstoffarm Euro 4	3.796	5,2	26.060	7,8	18.235	10
schadstoffreduzierte Pkw mit Dieselmotor	13.308	18	72.374	22	39.309	22
schadstoffarm E 1	1.517	2,1	6.597	2,0	2.514	1,4
schadstoffarm E 2	1.293	1,8	5.344	1,6	2.119	1,2
schadstoffarm Euro 2	4.191	5,8	18.671	5,6	7.197	4,0
schadstoffarm Euro 3	6.302	8,7	41.541	12	27.476	15
schadstoffarm Euro 4	2	< 0,1	2	< 0,1	1	< 0,1

2.4.3.2 Flughafen Frankfurt am Main und Flugverkehr

Der Flughafen Frankfurt am Main ist in Deutschland der Flugplatz mit den meisten Flugbewegungen und in Europa einer der drei größten Flughäfen.

Bei der Ermittlung der Emissionen eines Flughafens (siehe Tabelle 8 und Tabelle 10) ist zu unterscheiden zwischen den Emittentengruppen

- Flugverkehr selbst (Starten und Landen sowie Rollen auf den Rollbahnen mit Turbinenschub),
- stationäre Quellen (Energiezentrale, Turbinenprüfstände, Treibstofflager usw.),
- Kfz-Verkehr auf dem abgegrenzten Flughafengelände (Schleppfahrzeuge, Versorgungsfahrzeuge usw.) sowie
- landseitiger, durch den Flughafen induzierter Kfz-Verkehr (Reisende, Besucher, Beschäftigte, Speditionen, Lieferanten wie Ver- und Entsorger usw.).

3 Art und Beurteilung der Verschmutzung

3.1 Beurteilungsgrundlagen

In Tabelle 6 sind die Immissionsgrenzwerte (einschließlich der Toleranzmarge) bis zum Jahr 2010 nach der 22. BImSchV [13] für die in Frage kommenden Stoffe (Stickstoffdioxid, PM₁₀) zusammengestellt.

Tabelle 6: Grenzwerte inklusive Toleranzmargen bis 2010 nach 22. BImSchV [13]

	Stickstoffdioxid		PM ₁₀	
	Jahresmittel [µg/m ³]	1-h-Wert ¹⁾ [µg/m ³]	Jahresmittel [µg/m ³]	24-h-Wert ²⁾ [µg/m ³]
2002	56	280	44,8	65
2003	54	270	43,2	60
2004	52	260	41,6	55
2005	50	250	40	50
2006	48	240	³⁾	³⁾
2007	46	230		
2008	44	220		
2009	42	210		
2010	40	200		

¹⁾ mit 18 zulässigen Überschreitungen im Jahr.

²⁾ mit 35 zulässigen Überschreitungen im Jahr.

³⁾ Revision der Grenzwerte PM₁₀ durch die Europäische Kommission vorgesehen.

3.2 Belastungssituation bei NO₂ und PM₁₀ im Ballungsraum Rhein-Main 2002

3.2.1 Belastungssituation bei NO₂

Die für das Kalenderjahr 2002 für die Messstationen im Ballungsraum Rhein-Main ermittelten Immissionskenngrößen für NO₂ sind in Tabelle 1 auf Seite 7 zusammengestellt. Die Konzentrationsunterschiede zwischen den Stationen sind in Abbildung 9 für die Messstationen im Ballungsraum und für einige Vergleichsstationen außerhalb des Ballungsraumes als Säulendiagramm dargestellt. Der Immissionsgrenzwert ist als Orientierungslinie eingezeichnet. Die räumliche Verteilung der Konzentrationen sind in Abbildung 10 in einer Karte des Ballungsraumes ebenfalls für die Standorte der Messstationen dargestellt.

Die Zusammenstellung der Jahresmittelwerte von NO₂ in Abbildung 9 zeigt, dass im Messjahr 2002 an drei verkehrsbezogenen Stationen der Immissionsgrenzwert plus Toleranzmarge überschritten war und die nächst niedrigere Station (Frankfurt-Höchst) auf Rangplatz 4 einen um mehr als 10 µg/m³ niedrigeren Jahresmittelwert aufweist als die verkehrsbezogenen Stationen.

Abbildung 9: Immissionskenngrößen von NO₂ für das Messjahr 2002

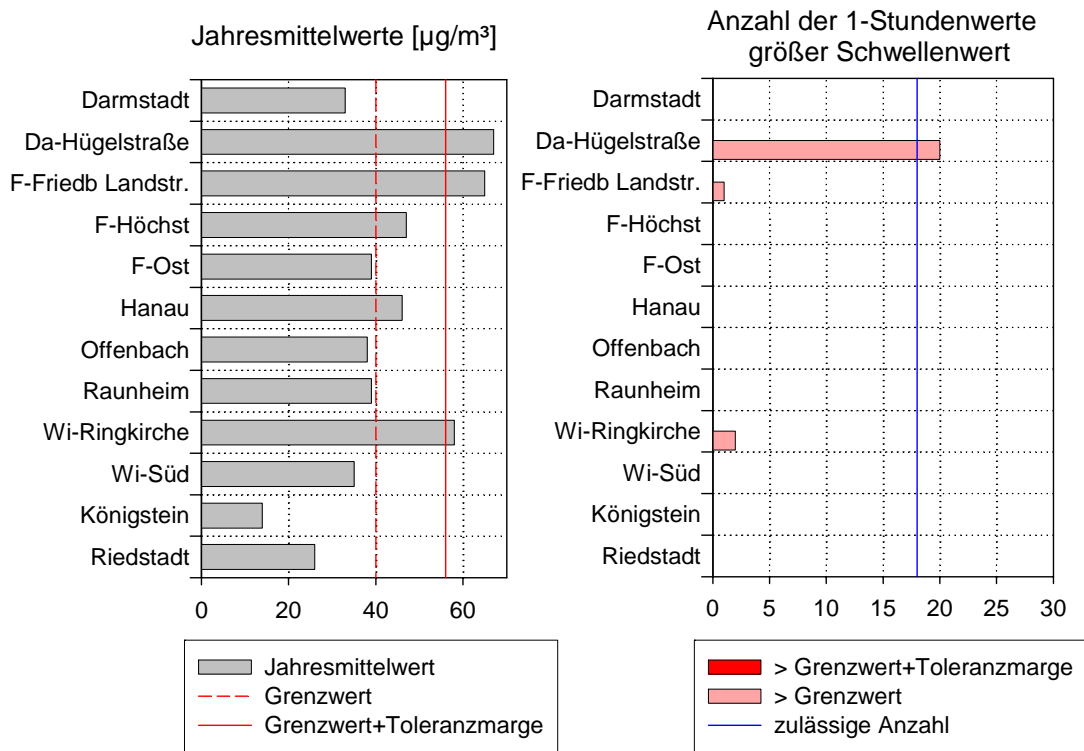
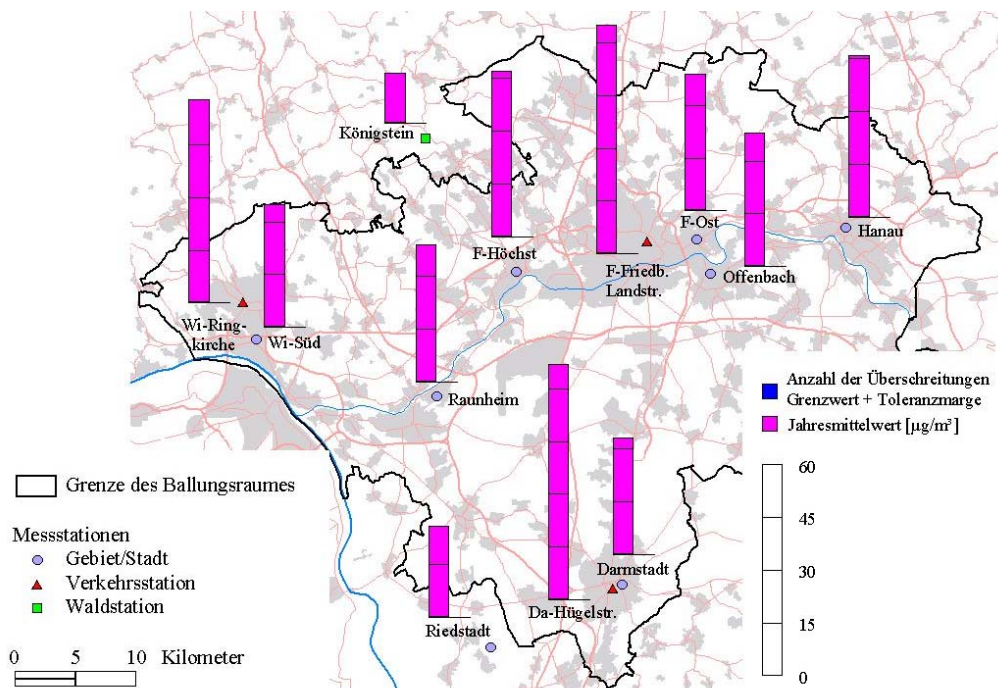


Abbildung 10: Karte mit den Immissionskenngrößen von Stickstoffdioxid für das Messjahr 2002



3.2.2 Belastungssituation bei PM₁₀

Die Immissionskenngrößen für PM₁₀ an den Messstationen im Ballungsraum Rhein-Main sind für das Messjahr 2002 ebenfalls in Tabelle 1 auf Seite 7 zusammengestellt. In Abbildung 11 sind diese Kenngrößen grafisch dargestellt, um deren Streuung zu veranschaulichen. Abbildung 12 zeigt eine Karte des Ballungsraumes mit den Standorten der Messstationen. Für jede Messstation sind in Form einer Säule die beiden Kenngrößen „Jahr“ und „Tag“ – mit Berücksichtigung der Toleranzmarge – eingetragen. Diese Abbildung macht die räumlichen Strukturen der PM₁₀-Konzentrationen deutlich.

Abbildung 11: Immissionskenngrößen von PM₁₀ für das Messjahr 2002

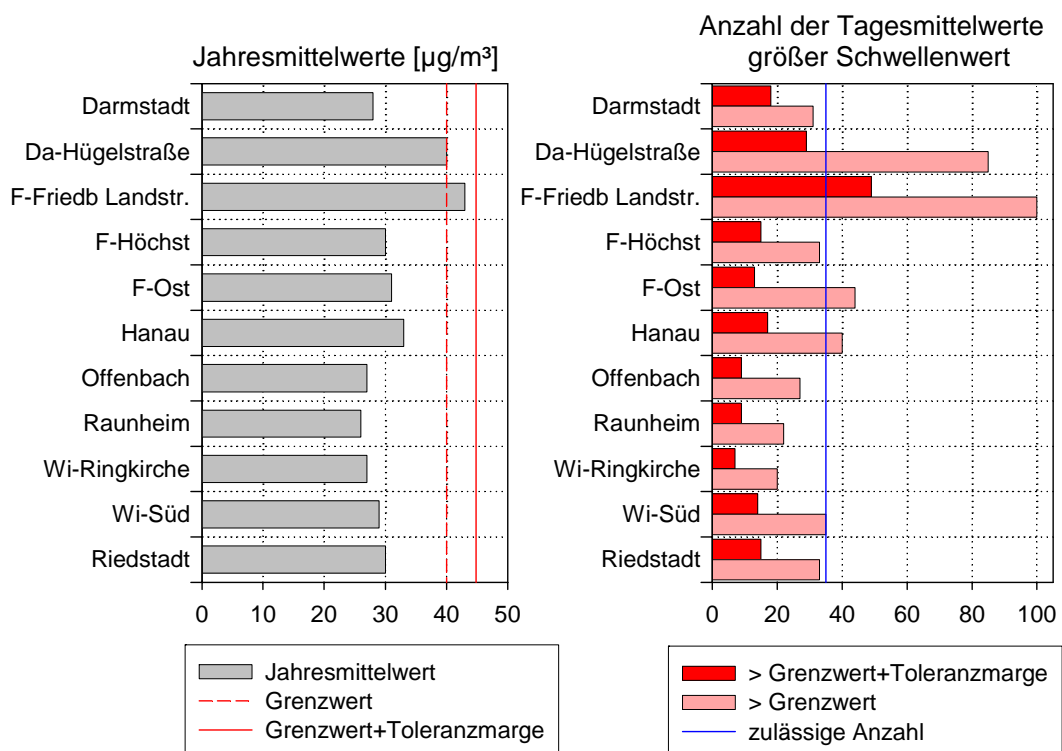


Abbildung 12: Karte mit den Immissionskenngrößen von PM₁₀ für das Messjahr 2002

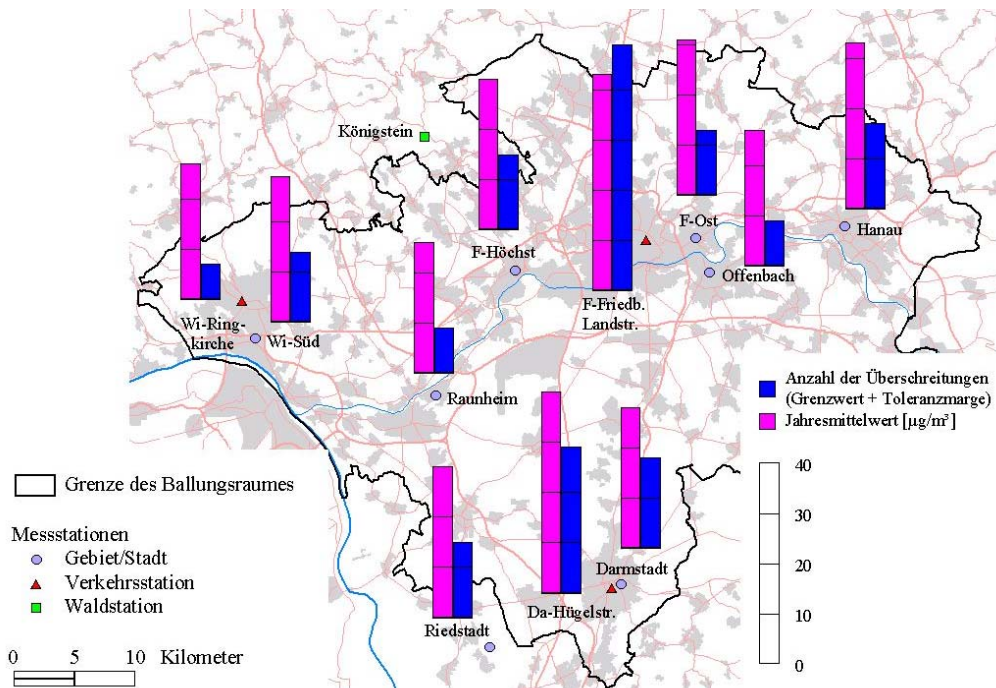


Abbildung 11 zeigt, dass die Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentrationen an den Stationen im Ballungsraum Rhein-Main – abgesehen von den beiden verkehrsbezogenen Stationen Frankfurt am Main-Friedberger Landstraße und Darmstadt-Hügelstraße – mit einem Schwankungsbereich von $< \pm 10\%$ ein sehr einheitliches Konzentrationsniveau ohne erkennbare räumliche Strukturen aufweisen. Die Kurzzeitkenngröße „Tag“ zeigt dagegen ausgeprägte Belastungsunterschiede zwischen den Stationen. Hierbei treten ebenso wie bei NO₂ an den beiden verkehrsbezogenen Messstationen Frankfurt am Main-Friedberger Landstraße und Darmstadt-Hügelstraße die höchsten Werte auf.

3.2.3 Bewertung

Die Konzentrationsverteilung eines betrachteten Schadstoffes ist in der Atmosphäre dreidimensional und ändert sich mit der Zeit. Für jeden Punkt dieses dreidimensionalen Konzentrationsfeldes gibt es ein Messdatenkollektiv von theoretisch möglichen 17.520 Halbstundenwerten pro Jahr. Für die Ursachenanalyse ist es hilfreich zu untersuchen, in welchem Umfang die an einer Station gemessenen Konzentrationswerte durch den Wechsel der Wetterbedingungen, der Emissionsverhältnisse oder der Unterschiede bei den Selbstreinigungsprozessen der Atmosphäre (Deposition, Ausregnen etc.) bestimmt werden. Das Herausarbeiten von Jahres-, Wochen- oder Tagesgängen und der Nachweis der Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur, Luftfeuchte oder Niederschlagstätigkeit gehört ebenso zur Beschreibung der Immissionsverhältnisse. Hierzu wird auf die Literatur [43, 42, 41, 57] verwiesen.

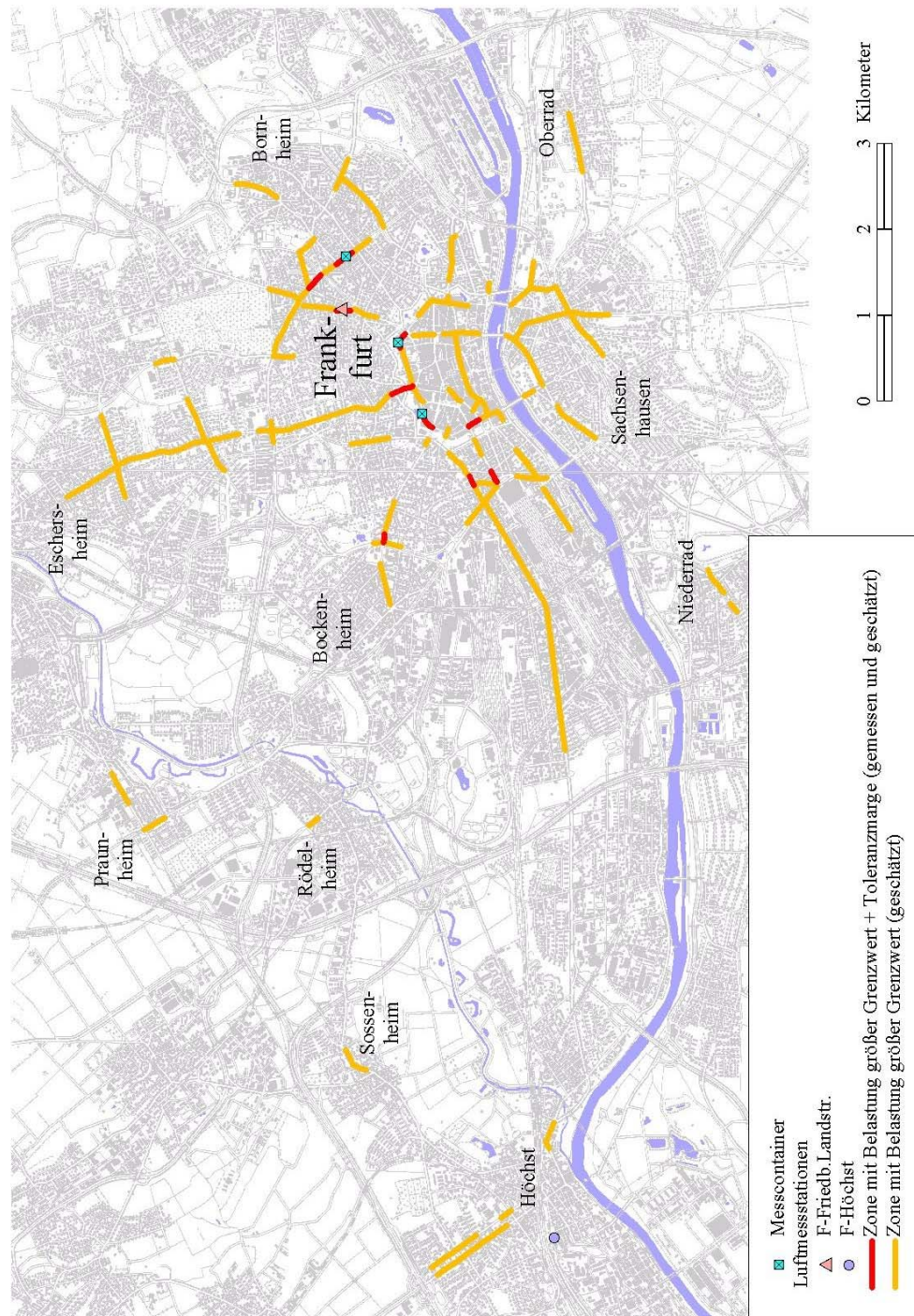
Vergleicht man die Struktur der Belastungssituation für NO₂ (siehe Kapitel 3.2.1) und PM₁₀ (siehe Kapitel 3.2.2) an Hand der Jahresmittelwerte miteinander, fällt auf, dass auf eine im Ballungsraum weitgehend einheitliche Grundbelastung in den Straßenschluchten mit starkem

Kfz-Verkehr Belastungsspitzen aufgesetzt sind. Bezogen auf den Immissionsgrenzwert ist das Belastungsniveau unterschiedlich: Bei NO₂ überschreiten die Jahresmittelwerte an den drei verkehrsbezogenen Messstationen den Immissionsgrenzwert plus Toleranzmarge, während bei PM₁₀ auch an den verkehrsbezogenen Messstationen der Immissionsgrenzwert plus Toleranzmarge vom Jahresmittelwert eingehalten wird. Bei PM₁₀ gibt es die Immissionsgrenzwertüberschreitung an der verkehrsbezogenen Messstation in Frankfurt am Main nur bei der Kurzzeitkenngröße. Wenn sich die Belastungssituation bis zum Jahr 2010 – ab dem die Immissionsgrenzwerte ohne Toleranzmarge für NO₂ anzuwenden sind – nicht verbessert, würde an zwei weiteren Messstationen – d. h. insgesamt an fünf von zehn Stationen im Ballungsraum – der Immissionsgrenzwert „Jahr“ bei NO₂ überschritten sein.

Allein auf Basis der Ergebnisse der Immissionsmessungen an den zehn Messstationen des Messnetzes im Ballungsraum ist eine Abschätzung über die Ausdehnung der Gebiete mit Immissionsgrenzwertüberschreitung nicht möglich. Ergebnisse aus den in vorhergehenden Jahren durchgeführten Erhebungen und Immissionsmessungen müssen als eine weitere Grundlage für die Betrachtung herangezogen werden.

Die Kennzeichnung dieser auf Grund von Einschätzungen abgegrenzten Bereiche mit Immissionsgrenzwertüberschreitung wird trotz des nicht im Einzelnen abgesicherten Informationsstandes bei der Entwicklung von Maßnahmenkonzepten zur Minderung der Immissionsbelastung herangezogen. Maßnahmen zur Minderung der Immissionsbelastung an den Messstationen mit Immissionsgrenzwertüberschreitungen sollten in diesen als „Bereiche mit Immissionsgrenzwertüberschreitung“ gekennzeichneten Gebieten ebenfalls die Immissions-situation verbessern, dürfen sie aber auf keinen Fall verschlechtern.

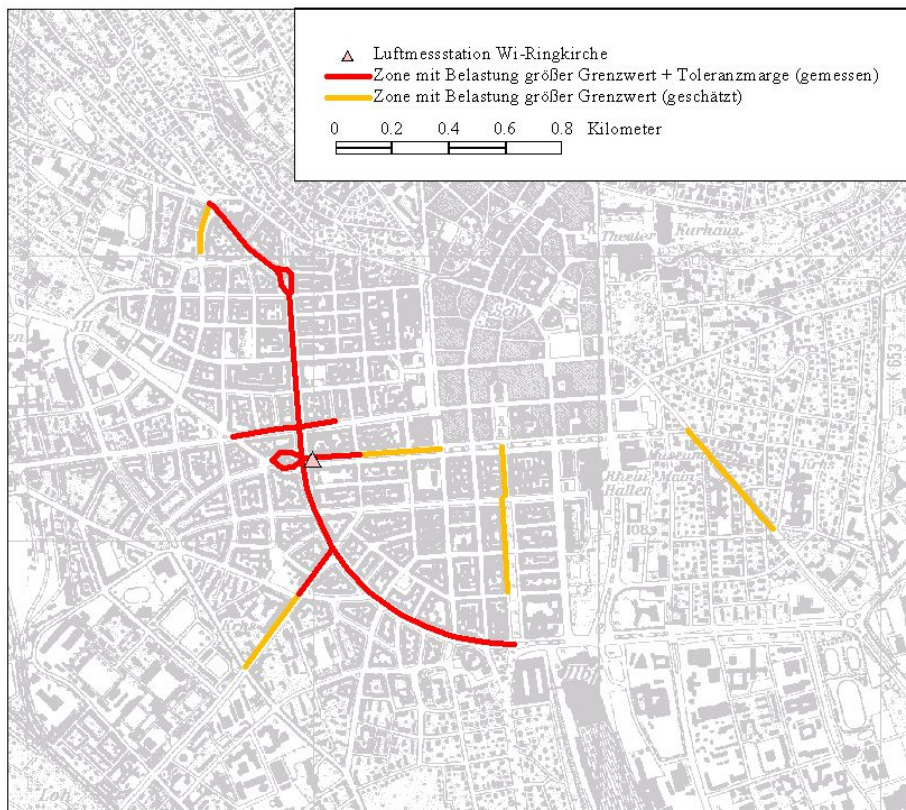
Abbildung 13: Straßen mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für NO₂ in Frankfurt am Main



In Abbildung 13, Abbildung 14 und Abbildung 15 sind in Karten der Innenstädte für Frankfurt am Main, Wiesbaden und Darmstadt die wahrscheinlichen Überschreitungsgebiete der Immissionsgrenzwerte plus Toleranzmarge für den Immissionsgrenzwert „Jahr“ von NO₂ rot markiert. Zusätzlich sind in den drei Karten die Gebiete, von denen erwartet wird, dass die NO₂-

Belastung den Immissionsgrenzwert „Jahr“ überschreitet, orange gekennzeichnet. Eingetragen sind in die Karten auch die Standorte der Messstationen und Standorte von in vergangenen Jahren temporär betriebenen Messstationen. Diese Gebiete mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes „Jahr“ für NO₂ befinden sich im Straßenbereich und haben damit nur eine begrenzte Ausdehnung nach rechts und links der Straße, auch wenn ganze Straßenzüge als erhöht belastet eingestuft werden.

Abbildung 14: Straßen mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für NO₂ in Wiesbaden



3.3 Betroffenheit der Bevölkerung

Die Immissionsgrenzwertüberschreitungen wurden in verkehrsreichen Straßenschluchten festgestellt. Es wird nicht davon ausgegangen, dass ganze Stadtviertel oder der Bereich eines von Straßen umrahmten Häuserblocks insgesamt als Fläche mit Immissionsgrenzwertüberschreitung einzustufen sind. Um dennoch die Größe des Maßnahmenbereiches zu konkretisieren, sind in Tabelle 7 die Länge der Straßenabschnitte mit Überschreitung von Grenzwert und Toleranzmarge (in Abbildung 13 bis Abbildung 15 rot markiert) und Länge der Straßenabschnitte im Bereich des Grenzwertes (in Abbildung 13 bis Abbildung 15 orange markiert) für jede der drei Städte und insgesamt für den Ballungsraum summiert; dabei erfolgt die Abschätzung zunächst für NO₂.

Abbildung 15: Straßen mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für NO₂ in Darmstadt

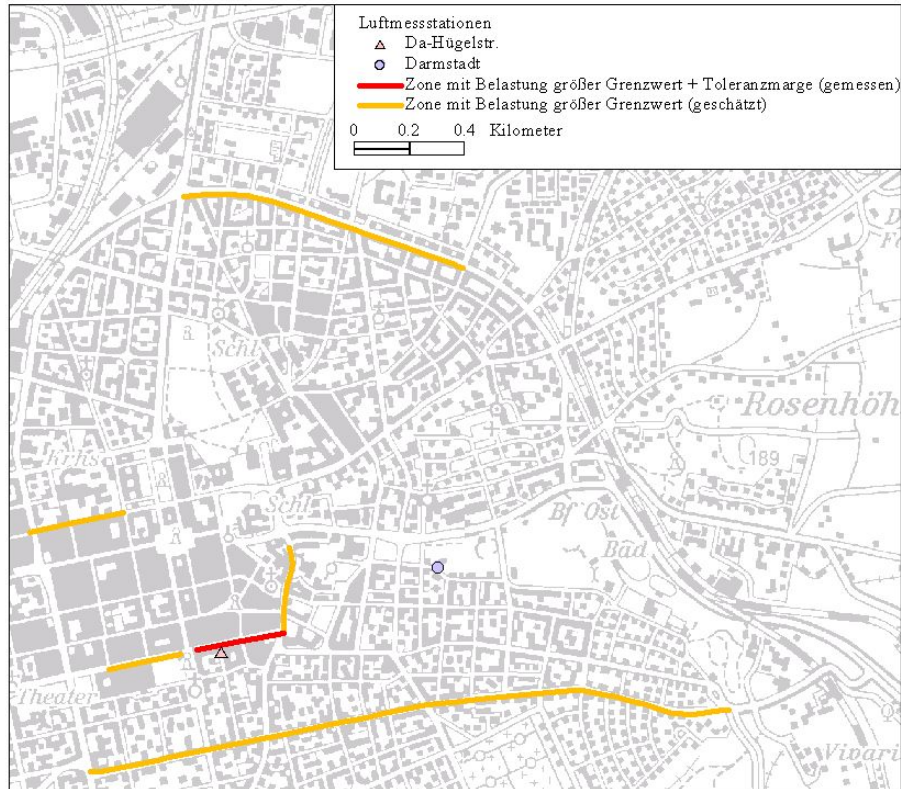


Tabelle 7: Betroffenheit der Bevölkerung

Stadt	Belastung	Farbe in den Karten	Länge [km]	Breite [km]	Fläche [km ²]	Betroffene Bewohner
Darmstadt	> Grenzwert + Toleranzmarge	rot	0,318	0,100	0,032	161
Darmstadt	> Grenzwert	rot + orange	4,601	0,100	0,460	2.042
Frankfurt am Main	> Grenzwert + Toleranzmarge	rot	1,708	0,100	0,171	1.040
Frankfurt am Main	> Grenzwert	rot + orange	34,351	0,100	3,535	20.560
Wiesbaden	> Grenzwert + Toleranzmarge	rot	3,215	0,100	0,322	929
Wiesbaden	> Grenzwert	rot + orange	4,952	0,100	0,495	3.465
Summe	> Grenzwert + Toleranzmarge	rot	5,550	0,100	0,555	2.286
Summe	> Grenzwert	rot + orange	43,900	0,100	4,390	26.067

Diese Angaben sind auf Basis der vorliegenden Erhebungen eine statistische Kennzahl zur Beschreibung der Relevanz des Immissionsproblems und können nicht im Detail ermittelt werden, weil der Erhebungs- und Beurteilungsaufwand ganz erheblich ist. Die Immissionsgrenz-

wertüberschreitung erstreckt sich von der einen Hausfassade über die Straße bis zur anderen Hausfassade gegenüber; eventuell sind auch noch die Räume an der Straßenfront auf beiden Straßenseiten andauernd den erhöhten Belastungen ausgesetzt. Insgesamt sind aber alle Bewohner der an dem Straßenabschnitt mit erhöhter Belastung gelegenen Häuser betroffen, da sie immer wieder den Straßenbereich mit erhöhter Belastung passieren müssen. Es wird daher angenommen, dass die Bewohner bis 50 m links und rechts des Straßenabschnittes mit erhöhter Immissionsbelastung von der Immissionsbelastung in der Straßenschlucht direkt betroffen sind.

4 Ursprung der Verschmutzung

Die Immissionsbelastung an den drei Stationen mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes „Jahr“ mit Berücksichtigung der Toleranzmarge für NO₂ und an der einen Station mit Überschreitung des Immissionsgrenzwertes „Tag“ mit Berücksichtigung der Toleranzmarge für PM₁₀ sind im Wesentlichen durch Emissionen aus dem Ballungsraum Rhein-Main verursacht. Daher wird im Folgenden die Emissionsstruktur für NO_x und Staub bzw. PM₁₀-Feinstaub im Ballungsraum dargestellt, um zu zeigen, welche Emittentengruppen in welchem Umfang zur Emissionsbilanz beitragen.

4.1 Emissionsstruktur NO₂

Die Auswertungsergebnisse für die Emissionskataster sind für das aktuell verfügbare Bezugsjahr 2000 in Tabelle 8 zusammengestellt. Für die Emittentengruppe Industrie sind die Feuerungsanlagen ≥ 50 MW extra angegeben. Die Emittentengruppe Verkehr ist aufgeschlüsselt nach Kfz-Verkehr, Flugverkehr (Emissionen der Flugzeuge beim Starten und Landen im Bereich des Ballungsraumes, Flughöhen bis 300 m über Grund), Schiffsverkehr und Eisenbahn.

Tabelle 8: Emissionsbilanz für Stickstoffoxide (angegeben als NO₂) im Ballungsraum Rhein-Main

Emittentengruppe	aktuelle Erhebung			vorgehende Erhebung			Änderung in %
	t/a	Jahr	%	t/a	Jahr	%	
Industrie	9.120	2000	24	11.800	1996	27	-23
davon Großfeuerungsanlagen	5.500	2000	15	6.870	1996	16	-20
Gebäudeheizung	4.770	2000	13	5.410	1994	13	-12
Kfz-Verkehr	20.100	2000	53	23.900	1995	55	-16
Flughafen Frankfurt am Main	2.490	2000	7	2.170	1996	5	+15
davon Flugverkehr inklusive Hilfsturbinen	2.040	2000		1.640	1996		
davon Vorfeldverkehr	288	2000		373	1996		
Schifffahrt	880	2000	2	-			
Schienenverkehr ¹⁾	ca. 400	2000		-			
Summe	37.800		100	43.200		100	-13

¹⁾ Für den Schienenverkehr liegt nur eine Abschätzung vor.

Die Emissionsbilanz für NO_x weist mit einem Anteil von über 50 % den Kfz-Verkehr als dominierende Emittentengruppe aus. Im Zeitraum von 1995/96 bis 2000 ist die Summe der NO_x-Emissionen zwar um ca. 13 % zurückgegangen, aber an der Dominanz der Kfz-Emissionen hat sich in dieser Zeit nichts geändert. Die Emittentengruppe Industrie weist mit einem Emissionsrückgang von ca. 23 % eine überdurchschnittliche Emissionsminderung auf; die Emissionen des Flugverkehrs sind in diesem Zeitraum leicht angestiegen.

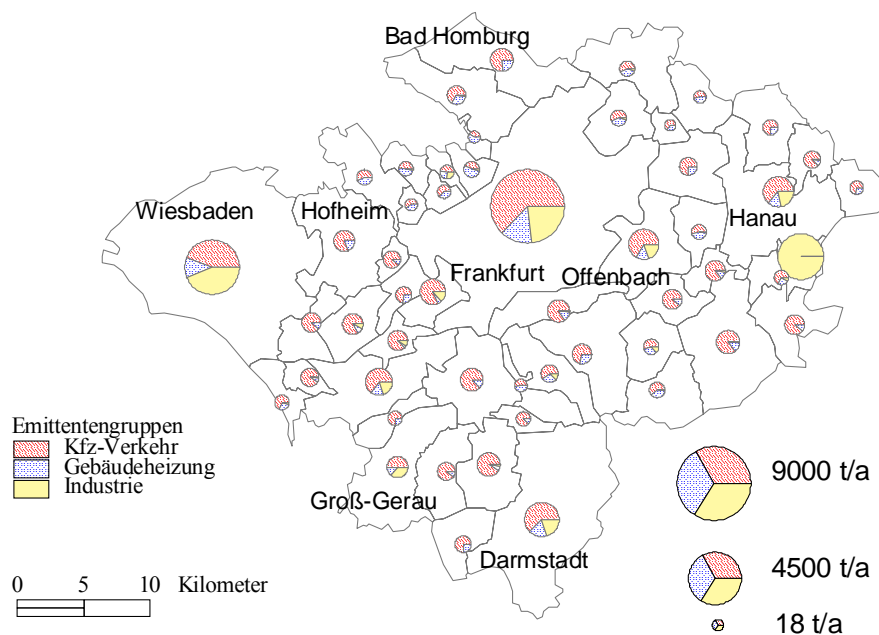
In Tabelle 9 sowie in Abbildung 16 sind die NO_x-Emissionen nach Gemeinden aufgeteilt und aufgeschlüsselt nach den Emittentengruppen Verkehr, Gebäudeheizung, Industrie dargestellt. Bei dieser Aufstellung wurden die Emissionen des Flugverkehrs sowie von Schiffs- und Schienenverkehr ausgeklammert, da diese Emissionen nicht auf die Gemeinden aufzuteilen sind. In Kapitel 5 „Emittentenbezogene Ursachenanalyse“ wird auf den Immissionsbeitrag des Flugverkehrs zur NO₂-Immissionsbelastung in der Region eingegangen.

Tabelle 9: Prozentuale Verteilung der Emissionen von Stickstoffoxiden, aufgeschlüsselt nach Gemeinden (angegeben als NO₂, Bezugsjahr 2000)

Stadt/Gemeinde	Summe [t/a]	Kfz-Verkehr [%]	Gebäudeheizung [%]	Industrie [%]
Bad Homburg	597	76	23	1,7
Bad Soden (Taunus)	104	48	48	4,0
Bad Vilbel	162	56	40	4,3
Bischofsheim	272	90	9,0	1,0
Bruchköbel	139	74	26	0,50
Büttelborn	256	90	10	0
Darmstadt	1.740	62	18	21
Dietzenbach	151	55	33	12
Dreieich	374	72	27	1,2
Egelsbach	47,7	52	47	1,2
Erlensee	216	87	11	2,2
Erzhausen	102	88	12	0
Eschborn	153	43	54	2,4
Flörsheim (Main)	429	83	9,5	7,7
Frankfurt am Main	9.060	63	14	23
Ginsheim-Gustavsburg	113	69	27	4,6
Griesheim	187	75	25	0,48
Groß-Gerau	446	50	14	35
Großkrotzenburg	3.340	0,45	0,42	99
Hainburg	105	66	26	8,0
Hanau	1.260	63	15	22
Hattersheim (Main)	174	73	26	0,91
Heusenstamm	362	89	11	0,51
Hochheim (Main)	342	89	10	0,50
Hofheim (Taunus)	449	81	19	0,029
Karben	130	58	37	4,1
Kelkheim (Taunus)	140	57	43	0
Kelsterbach	803	81	4,6	14
Kriftel	235	89	11	0,43
Langen	238	61	27	12
Liederbach (Taunus)	43,7	61	39	0
Maintal	257	75	24	1,3
Mörfelden-Walldorf	580	87	12	0,95
Mühlheim (Main)	117	54	44	2,1
Nauheim	95,5	75	25	0,14
Neu-Isenburg	548	85	14	0,86
Niederdorfelden	18,9	65	35	0
Obertshausen	406	85	13	1,7
Oberursel (Taunus)	307	67	31	2,1
Offenbach (Main)	1.250	67	13	20
Raunheim	377	87	4,3	8,4
Rodenbach	73,2	72	28	0
Rödermark	146	60	39	0,77
Rodgau	625	86	13	1,3
Rüsselsheim	936	65	15	20
Schöneck	45,7	55	45	0
Schwalbach (Taunus)	87,0	48	26	26
Seligenstadt	380	88	12	0,60

Stadt/Gemeinde	Summe [t/a]	Kfz-Verkehr [%]	Gebäudeheizung [%]	Industrie [%]
Steinbach (Taunus)	31,6	41	59	0
Sulzbach (Taunus)	72,2	63	37	0
Weiterstadt	629	91	7,4	1,3
Wiesbaden	4.870	44	12	44
Summe Ballungsraum	34.000	59	14	27

Abbildung 16: Emissionen von Stickstoffoxiden NO_x, aufgeschlüsselt nach Gemeinden (angegeben als NO₂, Bezugsjahr 2000)



Die Aufschlüsselung der NO_x-Emissionen gemeindeweise nach den Emittentengruppen macht deutlich, dass in den größeren Städten die NO_x-Emissionen des Kfz-Verkehrs einen Anteil zwischen 60 – 70 % von den Gesamt-Emissionen der Gemeinde haben. In den kleinen und mittleren Gemeinden im Umfeld der Ballungsraumzentren gibt es oft keine Industrie, und der Anteil der Kfz-Emissionen kann dann einen Anteil von über 80 % der NO_x-Emissionen in der Gemeinde erreichen. Auffällige Abweichungen von der mittleren Verteilung der Emissionsanteile der Emittentengruppen an der Gesamtemission der Gemeinde gibt es im Osten des Ballungsraumes in der Gemeinde Großkrotzenburg; hier haben die Emissionen eines Großkraftwerkes einen Anteil von über 90 % an den NO_x-Emissionen der Gemeinde. Der auffällig hohe Industrieanteil an den NO_x-Emissionen in Wiesbaden wird durch die ortsansässige Zementindustrie verursacht.

4.2 Emissionsstruktur Staub

Bei Emissionsmessungen wurde bisher der Gesamtstaubgehalt gemessen und nicht wie bei den PM₁₀-Immissionsmessungen nur die Partikelfraktion kleiner 10 µm. Da Emissionsmessungen, die nur den PM₁₀-Anteil erfassen oder den emittierten Staub nach Korngrößenbereichen aufteilen, wesentlich aufwändiger sind im Vergleich zu den die Korngrößenverteilung der Staubemission

nicht aufschlüsselnden Emissionsmessungen, lassen sich diese Informationslücken nur schrittweise schließen.

Die zu einer Emissionsbilanz für den Ballungsraum Rhein-Main aus den Emissionskatastern Staub zusammengestellten Angaben sind in Tabelle 10 aufgelistet. Die Emissionsbilanz weist eine Abnahme der Staubemissionen um ca. 15 % von 1995/96 auf 2000 aus.

Tabelle 10: Emissionsbilanz für PM₁₀ im Ballungsraum Rhein-Main

Emittentengruppe	aktuelle Erhebung			vorgehende Erhebung			Änderung
	t/a	Jahr	%	t/a	Jahr	%	in%
Industrie	1.310	2000	52	1.190	1996	40	10
davon Großfeuerungsanlagen	437	2000	17	437	1996	15	0
Gebäudeheizung	285	2000	11	594	1994	20	-52
Kfz-Verkehr	834	2000	33	1.000	1995	34	-17
Flughafen Frankfurt am Main	19,1	2000	1	175	1996	6	-89
davon Flugverkehr inklusive Hilfsturbinen ¹⁾	8,00	2000		100	1996		
davon Vorfeldverkehr	7,70	2000		65,9	1996		
Schifffahrt	53,0	2000	2	–			
Schienenverkehr ²⁾	ca. 20	2000		–			
Summe	2.520		100	2.970		100	-15

¹⁾ Die 8 t/a gelten bis 600 m Flughöhe.

²⁾ Für den Schienenverkehr liegt nur eine Abschätzung vor.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die von den Emissionskatastern für den Ballungsraum Rhein-Main ausgewiesene Summe der NO_x-Emissionen etwa 10mal größer ist als die der Staubemissionen; dabei ist die NO₂-Immissionsbelastung im Jahresmittel etwa vergleichbar oder höchstens bis etwa 50 % höher als die PM₁₀-Belastung. Dies bedeutet, dass die PM₁₀-Konzentration zu einem erheblich kleineren Anteil durch die im Emissionskataster Staub erfassten Emissionen erklärbar ist als die NO₂-Konzentration durch das Emissionskataster für NO_x.

Abbildung 17: Emissionen von PM₁₀, aufgeschlüsselt nach Gemeinden für das Bezugsjahr 2000

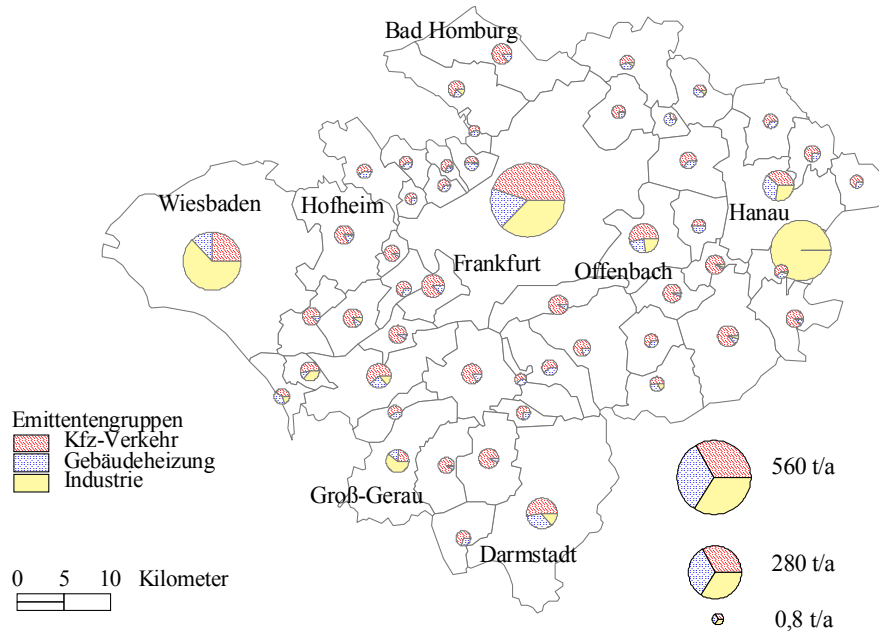


Abbildung 17 zeigt für jede Gemeinde aufgeschlüsselt nach Emittentengruppen die PM₁₀-Emissionen. Die PM₁₀-Emissionen des Flugverkehrs wurden dabei, analog wie bei NO_x (siehe Kapitel 4.1), nicht den Gemeinden zugerechnet. Diese Darstellung macht deutlich, dass gerade in den großen Städten der Anteil der Kfz-Emissionen meist unter 50 % der erfassten PM₁₀-Emissionen liegt. Das Großkraftwerk in Großkrotzenburg und die Zementindustrie in Wiesbaden – vergleichbar der Situation bei den NO_x-Emissionen – sind die Ursache für den hohen Industrieanteil an der PM₁₀-Emissionsbilanz in diesen beiden Gemeinden. Die prozentuale Verteilung der PM₁₀-Emissionen ist in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Prozentuale Verteilung der Emissionen von PM₁₀, aufgeschlüsselt nach Gemeinden (Bezugsjahr 2000)

Stadt/Gemeinde	Summe [t/a]	Kfz-Verkehr [%]	Gebäudeheizung [%]	Industrie [%]
Bad Homburg	23,6	85	14	0,62
Bad Soden (Taunus)	3,01	64	36	0
Bad Vilbel	3,98	77	22	1,3
Bischofsheim	19,0	53	11	35
Bruchköbel	5,24	67	33	0,20
Büttelborn	9,32	90	7,8	2,1
Darmstadt	79,1	53	33	14
Dietzenbach	4,26	69	30	1,0
Dreieich	11,7	78	22	0,13
Egelsbach	1,37	62	38	0
Erlensee	9,84	74	26	0,062
Erzhausen	4,39	74	26	0
Eschborn	4,67	49	49	1,6

Stadt/Gemeinde	Summe [t/a]	Kfz-Verkehr [%]	Gebäudeheizung [%]	Industrie [%]
Flörsheim (Main)	18,7	81	9,7	9,2
Frankfurt am Main	568	45	18	38
Ginsheim-Gustavsburg	8,01	41	39	20
Griesheim	6,67	72	28	0,012
Groß-Gerau	34,7	24	16	60
Großkrotzenburg	372	0,14	0,36	99
Hainburg	4,06	63	32	4,9
Hanau	77,3	38	34	28
Hattersheim (Main)	7,37	71	28	0,16
Heusenstamm	16,6	95	4,6	0,053
Hochheim (Main)	13,9	89	10	0,27
Hofheim (Taunus)	18,1	83	16	1,4
Karben	4,84	55	38	7,2
Kelkheim (Taunus)	5,05	58	42	0,23
Kelsterbach	34,7	88	12	0,055
Kriftel	9,42	93	7,0	< 0,010
Langen	8,36	62	37	0,77
Liederbach (Taunus)	1,23	74	26	0
Maintal	10,2	65	34	0,48
Mörfelden-Walldorf	21,8	84	16	0,37
Mühlheim (Main)	4,58	51	49	0,53
Nauheim	4,44	62	38	0
Neu-Isenburg	19,8	91	8,7	0,48
Niederdorfelden	1,74	26	74	0
Obertshausen	18,9	91	4,5	4,2
Oberursel (Taunus)	10,7	70	18	12
Offenbach (Main)	70,5	54	23	22
Raunheim	15,0	92	8,1	0,16
Rodenbach	2,93	71	29	0
Rödermark	5,80	52	31	18
Rodgau	27,0	87	8,9	4,3
Rüsselsheim	41,5	62	25	14
Schöneck	2,15	44	46	9,8
Schwalbach (Taunus)	2,17	71	23	5,7
Seligenstadt	14,0	88	11	1,2
Steinbach (Taunus)	0,815	58	42	0
Sulzbach (Taunus)	2,10	67	33	0
Weiterstadt	22,0	93	6,6	0
Wiesbaden	348	25	12	63
Summe Ballungsraum	2.030	41	14	44

Staubemissionen werden von einem fahrenden Auto nicht nur aus dem Auspuff – so wie die Kfz-Emissionen bisher im Emissionskataster Verkehr dokumentiert sind –, sondern auch durch Abrieb von Reifen und Straßenbelag, durch das Abrollen der Räder, durch Staubaufwirbelung von Straßenstaub durch die fahrenden Autos und durch Verwitterung und Abrieb am Auto selbst (z. B. Kupplung, Bremsen) freigesetzt. Diese durch den rollenden Verkehr freigesetzten Emissionen hängen wesentlich vom Straßenbelag und der Fahrgeschwindigkeit ab. Sie haben dabei etwa die gleiche Größenordnung wie die Dieselpartikel-Emissionen aus dem Auspuff. Die Berücksichtigung der Staubemissionen aus Reibung und Verschleiß kann also den Anteil der Kfz-Emissionen an der Emissionsbilanz etwa verdoppeln und macht damit in den Städten den

Kfz-Verkehr zur Emittentengruppe mit dem dominierenden Anteil an der Emissionsbilanz Staub. Die Erklärungslücke, dass die im Emissionskataster Staub erfassten Emissionen einen wesentlich kleineren Anteil der gemessenen PM₁₀-Immissionskonzentration haben als die NO_x-Emissionskataster bei NO₂, wird kleiner, bleibt aber bestehen.

Tabelle 12: Emissionen für NO_x und PM₁₀ nach Straßentypen und für einzelne Autobahnabschnitte

Straßentyp	NO _x		PM ₁₀	
	in t/a	in % ¹⁾	in t/a	in % ¹⁾
Autobahn	13.900	37	612	24
A3 vom Frankfurter Kreuz bis Abfahrt Hanau (21 km)	2.300	6,1	123	4,9
A3 vom Frankfurter Kreuz bis Wiesbadener Kreuz (17 km)	1.430	3,8	64,8	2,6
A5 vom Frankfurter Kreuz bis Bad Homburger Kreuz (18 km)	1.610	4,3	76,2	3,0
A5 vom Frankfurter Kreuz bis Darmstädter Kreuz (22 km)	1.490	3,9	55,9	2,2
Bundesstraße	2.250	6,0	77,1	3,1
Gemeindestraße	2.290	6,1	82,8	3,3
Kreisstraße	433	1,2	16,9	0,67
Landesstraße	1.210	3,2	45,1	1,8
Summe aller Straßentypen	20.100	53	834	33
Gesamter Ballungsraum	37.800	100	2.520	100

¹⁾ Bezogen auf die Gesamtsumme aller Emittentengruppen des Ballungsraumes

4.3 Emissionen aus dem Kfz-Verkehr

In Abbildung 18 und Abbildung 19 sind die Emissionen aus dem Kfz-Verkehr dargestellt. In Tabelle 12 sind diese Emissionen zu NO_x und PM₁₀ nach Straßentypen und für einzelne Autobahnabschnitte zusammengefasst. Dabei ist anzumerken, dass allein von knapp 80 km Autobahnstrecke (A3 und A5 im Umfeld um das Frankfurter Kreuz) bereits 18,1 % der NO_x-Emissionen und 12,7 % der PM₁₀-Emissionen zu verzeichnen sind. Da diese Emissionen bodennah freigesetzt werden, tragen sie erheblich zur Hintergrundbelastung sowohl bei NO_x als auch bei PM₁₀ bei.

Abbildung 18: Emissionsraten der Stickstoffoxide aus dem Kfz-Verkehr (Bezugsjahr 2000)

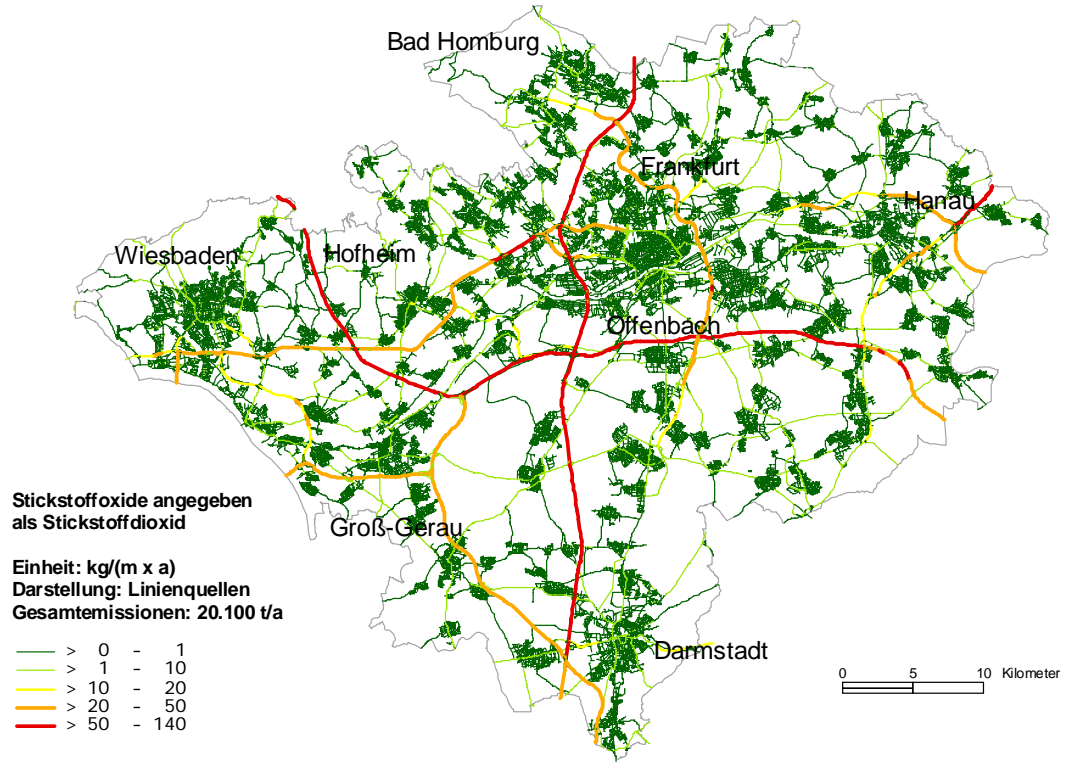
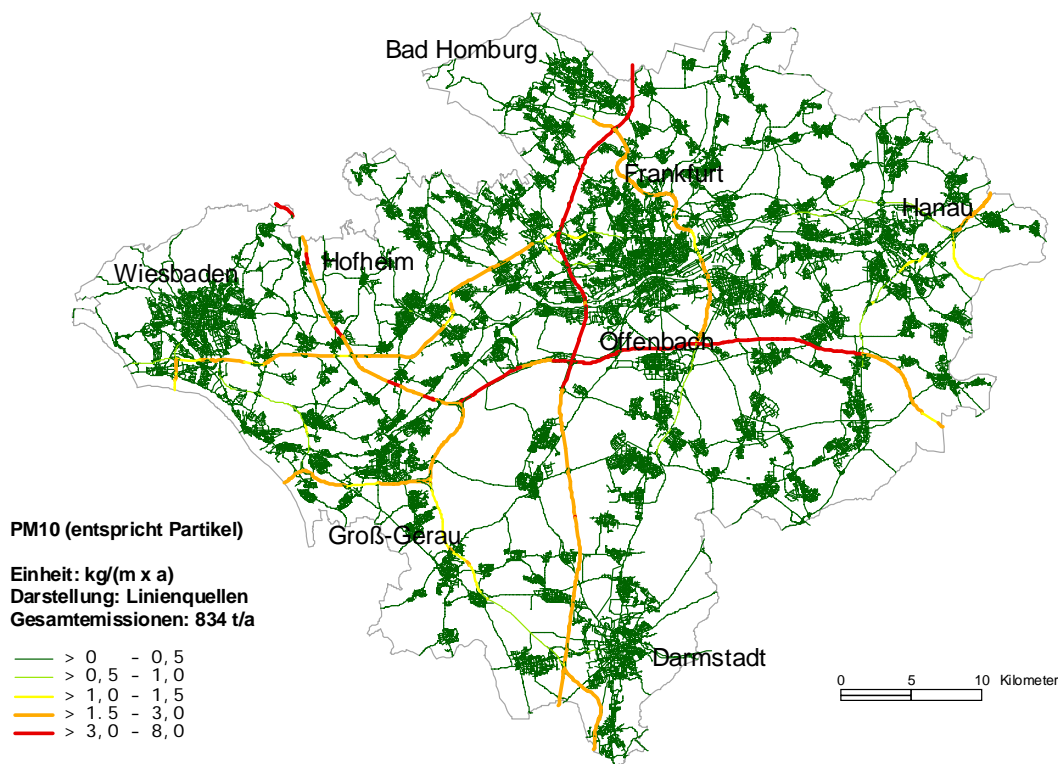


Abbildung 19: Emissionsraten von PM₁₀ aus dem Kfz-Verkehr (Bezugsjahr 2000)



4.4 Eintrag in den Ballungsraum

Die Vorbelastung der Luft bei Eintritt in den Ballungsraum bzw. der Eintrag von Schadstoffen in den Ballungsraum lässt sich messtechnisch dadurch ermitteln, dass man auf jeder Seite des Untersuchungsgebietes eine Messstation betreibt und die Differenz als Eintrag in den Ballungsraum auswertet. Mit der Station Riedstadt und bei NO₂ auch der Waldstation Königstein² stehen bzw. standen zwei Stationen zur Verfügung, mit denen man versuchen kann, den Beitrag des Schadstofftransportes in den Ballungsraum abzuschätzen.

Die erforderliche Genauigkeit zur Beurteilung des Ferneintrags kann mit dieser Methode nicht ermittelt werden, da die zur Verfügung stehenden Messeinrichtungen und Daten nicht in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung stehen. Die Einträge in den Ballungsraum sind deshalb mit Hilfe von Modellrechnungen erfolgt und im Kapitel 5.6 beschrieben.

² In Betrieb bis Januar 2004.

5 Emittentenbezogene Ursachenanalyse

Die emittentenbezogene Ursachenanalyse ist die Grundlage für die Entwicklung von Maßnahmenkonzepten; emissionsmindernde Maßnahmen sind im Allgemeinen nur bei den Emittentengruppen wirksam, die in einem relevanten Umfang zur Immissionsbelastung beitragen und bei denen ein reales Minderungspotential nach dem Stand der Technik besteht.

5.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Die Aufschlüsselung der gemeindebezogenen Emissionsbilanz nach Emittentengruppen zeigt bereits, dass bei NO_x die Emittentengruppe Kfz-Verkehr sehr deutlich dominiert. Aufgrund der geringen Emissionshöhe über Grund und der Ausbreitungssituation in den Straßenschluchten ist bei immissionsbezogener Betrachtung für den Standort einer verkehrsbezogenen Messstation der Beitrag der Kfz-Emissionen an der Immissionsbelastung noch deutlich höher, als es die Emissionsbilanz erkennen lässt.

5.1.1 Immissionsbeitrag der Emittentengruppe Industrie

Im Emissionskataster Industrie für Stickstoffdioxid NO_x, berechnet als NO₂, werden für den Ballungsraum im Jahr 2000 9.120 t NO₂/a emittiert. Der Beitrag der Emittentengruppe Industrie zur Emissionsbelastung wird im Rahmen des Kapitels 5.6 „Ausbreitungsrechnung“ durch eine emittentenbezogene Ursachenanalyse quantifiziert.

5.1.2 Immissionsbeitrag durch Gebäudeheizung

Die Emissionen der Emittentengruppe Gebäudeheizung sind überwiegend auf das Winterhalbjahr beschränkt, während die Emissionen der beiden Emittentengruppen Verkehr und Industrie über das ganze Jahr hinweg annäherungsweise gleich stark sind. Die Differenz zwischen den jeweiligen Werten für Sommer und Winter beträgt an den Werktagen 9 µg/m³ und für Sonntage 14 µg NO₂/m³. Der Beitrag der Gebäudeheizung am Jahresmittelwert von NO₂ an den Stationen im Ballungsraum Rhein-Main ist daher mit etwa 10 µg/m³ eher überschätzt als unterschätzt.

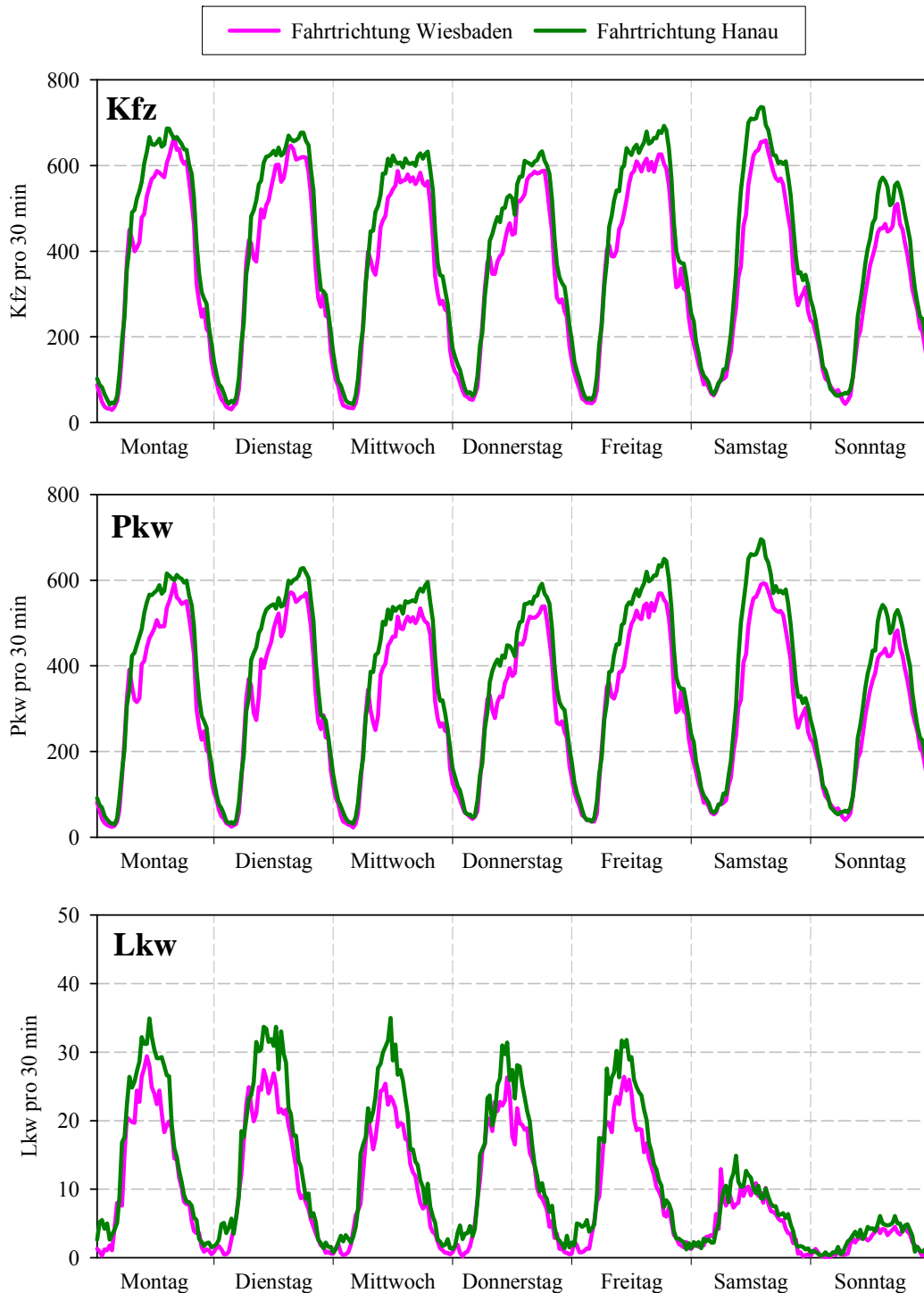
5.1.3 Immissionsbelastung durch den Verkehr

Wie bereits im Emissionskataster „Verkehr“ (siehe Kapitel 4.3) ausgeführt, dominiert dieser Beitrag bei NO_x die Belastungssituation. Die Aufschlüsselung von Verkehrsdaten können weitere Hinweise auf die Beiträge dieser Emittentengruppe geben.

5.1.3.1 Der Wochengang der NO₂-Konzentration

Die Verkehrsdichte für einen Straßenabschnitt weist einen Tagesgang und auch einen Wochengang auf. Die jahreszeitlichen Unterschiede sind dagegen relativ gering. Damit können Unterschiede und der Zusammenhang der Verkehrsdichte zwischen Werktagen und Sonn- und Feiertagen bei den Immissionsverhältnissen in Bezug gebracht werden.

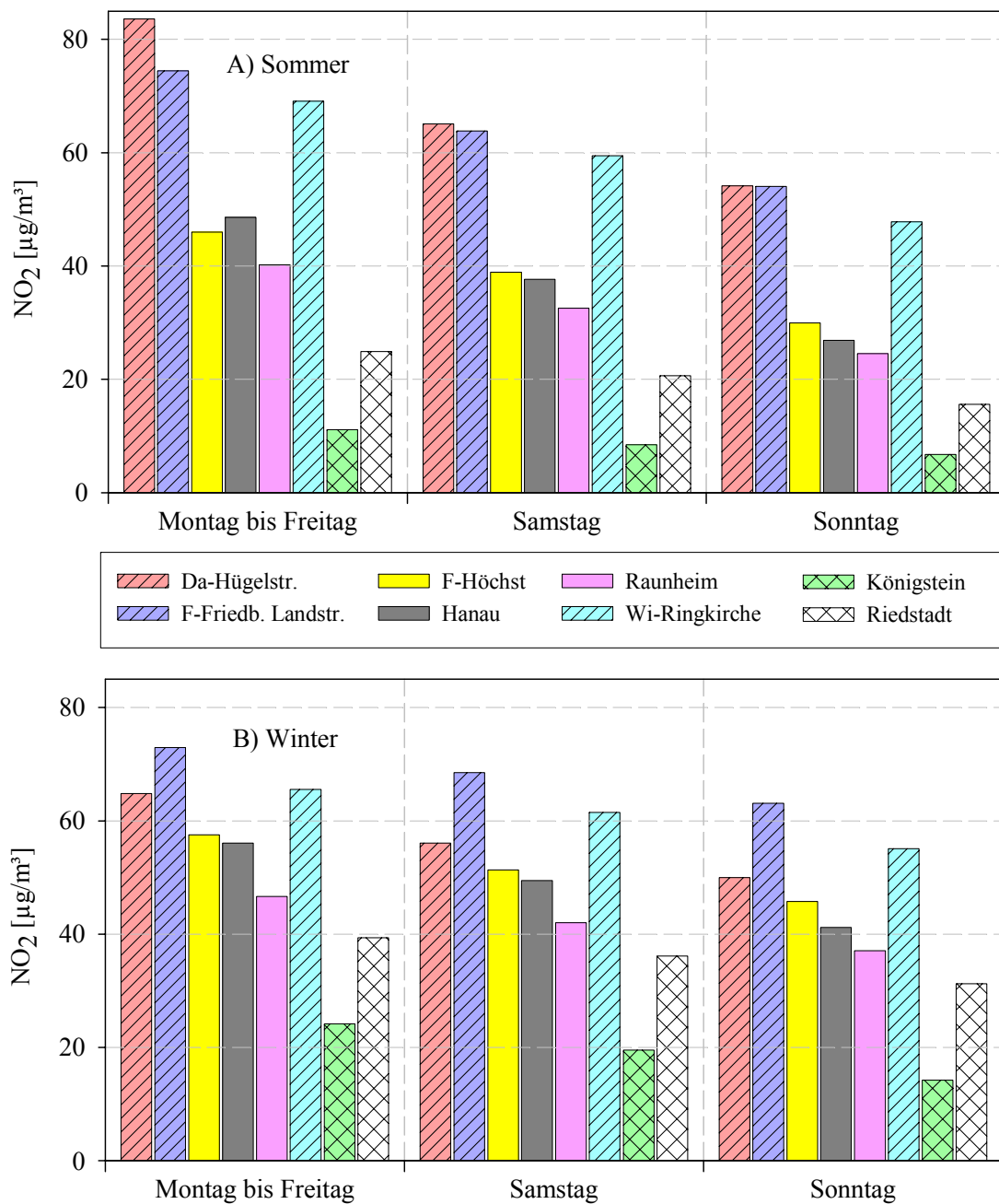
Abbildung 20: Mittlere Wochengänge des Verkehrsaufkommens für Frankfurt am Main-Höhenstraße zwischen dem 11.12.2003 – 29.02.2004



Die Abbildung 20 zeigt für eine typische Zählstelle im Ballungsraum für einen ausgewählten Zeitraum den Tages- und Wochengang der Verkehrsdichte. In Anhang 3 sind Wochengänge für

Wiesbaden-Rheinstraße und Frankfurt am Main-Friedberger Landstraße dargestellt. Im Vergleich dazu sind in Abbildung 21 für NO₂ die durchschnittlichen Tagesmittelwerte für die Wochengänge der ausgewählten Stationen dargestellt, um zu zeigen, wie sich allein die Verkehrsmenge auf die Immissionsituation auswirkt. Eine Differenz der jeweiligen Tagesmittelwerte für NO₂ (ebenfalls getrennt nach Sommer und Winter) zwischen den Tagesmitteln von Montag bis Freitag und den Tagesmitteln Sonntag ist in Tabelle 13 für den Auswertzeitraum 2000 bis 2002 enthalten.

Abbildung 21: Tagesmittelwerte für Stickstoffdioxid im Verlauf der Woche (Auswertzeitraum: 2000 - 2002)



**Tabelle 13: Differenz der Tagesmittelwerte von NO₂
(Auswertezeitraum 2000 bis 2002)**

Station	Sommer [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			Winter [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
	Tagesmittel Mo bis Fr	Tagesmittel Sonntag	Differenz	Tagesmittel Mo bis Fr	Tagesmittel Sonntag	Differenz
Verkehrsstationen:						
Darmstadt-Hügelstraße	84	54	29	65	50	15
Frankfurt am Main- Friedberger Landstr.	74	54	20	73	63	10
Wiesbaden-Ringkirche	69	48	21	66	55	10
Stadtstationen:						
Darmstadt	32	21	12	44	36	8
Frankfurt am Main- Höchst	46	30	16	58	46	12
Frankfurt am Main-Ost	44	22	22	53	38	14
Hanau	49	27	22	56	41	15
Offenbach	40	24	16	50	40	10
Raunheim	40	25	16	47	37	10
Wiesbaden-Süd	38	25	13	46	37	8
Mittel der Stadtstationen	41	25	17	50	39	11
Vergleichsstationen:						
Königstein	11	7	4	24	14	10
Riedstadt	25	16	9	39	31	8

5.2 PM₁₀

5.2.1 Aussagen auf Grund der Immissionsituation

Bei der Analyse der Ursachen erhöhter PM₁₀-Belastungen sind andere Fragestellungen von Bedeutung, da bei PM₁₀ im Wesentlichen nicht der Jahresmittelwert erhöht ist, sondern der Immissionsgrenzwert „Tag“ überschritten ist (zulässige Anzahl der Überschreitungen: 35 mal pro Jahr).

In Abbildung 22 ist eine Auswahl von Stationen mit der Zeitreihe der Tagesmittelwerte für PM₁₀ aus dem Messjahr 2002 dargestellt. In dieser Auswertung wird deutlich, dass die erhöhte Immissionsbelastung bei PM₁₀ sehr oft an den gleichen Tagen, jedoch in unterschiedlicher Höhe auftritt. Nicht an allen Tagen mit einem höheren PM₁₀-Tagesmittelwert werden die Grenzwerte erreicht oder überschritten, sondern insbesondere in Situationen mit nicht ausreichendem Luftaustausch bzw. mit Inversionswetterlagen. Diese Inversionen sind sowohl an den Verkehrsstationen (Darmstadt-Hügelstraße, Frankfurt am Main-Friedberger Landstraße), an den städtischen Hintergrundstationen (Frankfurt am Main-Ost, Hanau) und auch an den ländlichen Stationen (Riedstadt) zu beobachten. Dies bedeutet, dass ein erheblicher Anteil der Gesamtbelastung durch witterungsbedingte ungünstige Verdünnungs- und Transportverhältnisse

für die bereits vorhandene Verschmutzung aus Ferneintrag, der regionalen Belastung und der Belastung durch den örtlichen Verkehr bedingt ist. Da dieses Phänomen durch Maßnahmen weder beeinflusst noch gesteuert werden kann, bleibt indirekt nur die Senkung des regionalen Hintergrundpegels als langfristige Option für Maßnahmen offen.

Abbildung 22: Tagesmittelwerte von PM₁₀ für das Messjahr 2002

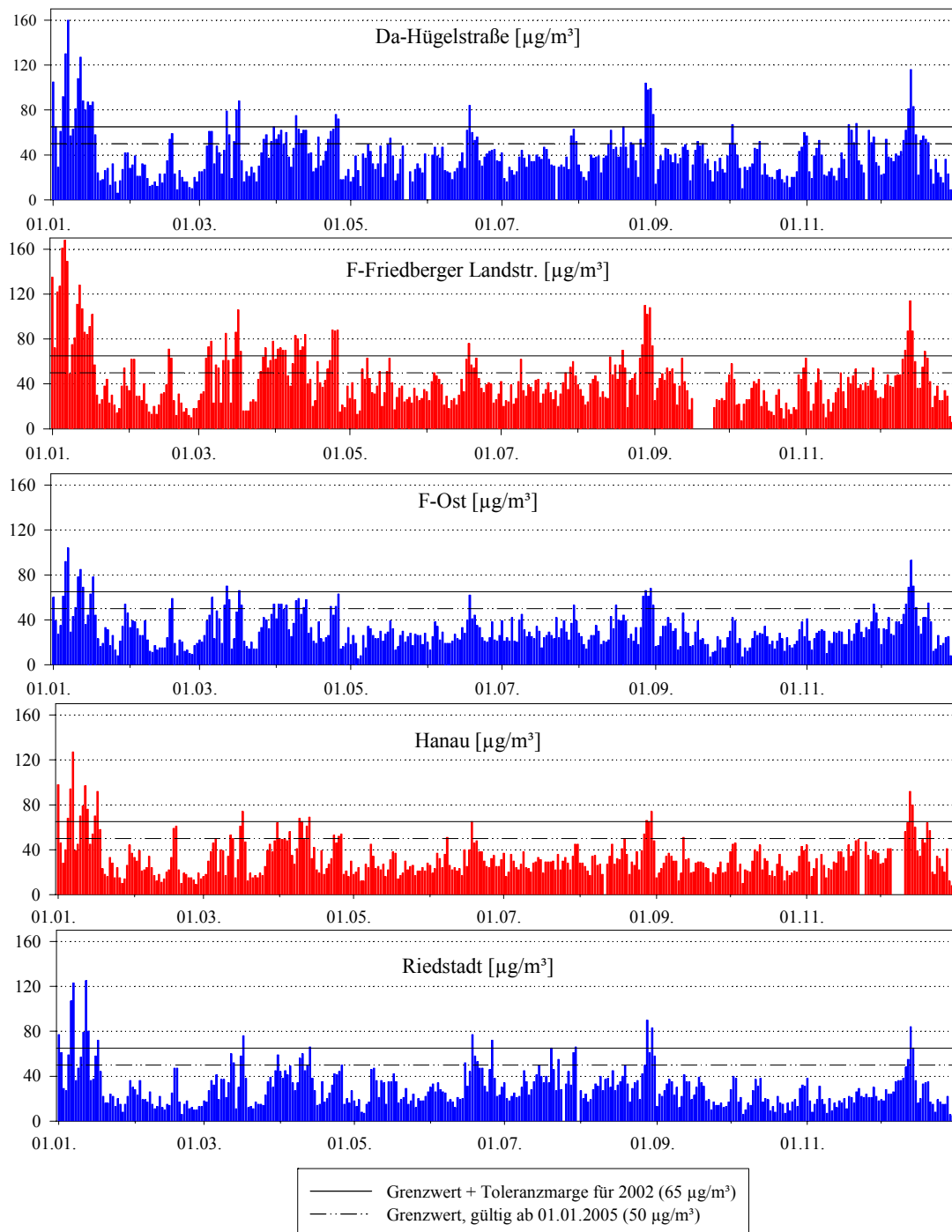
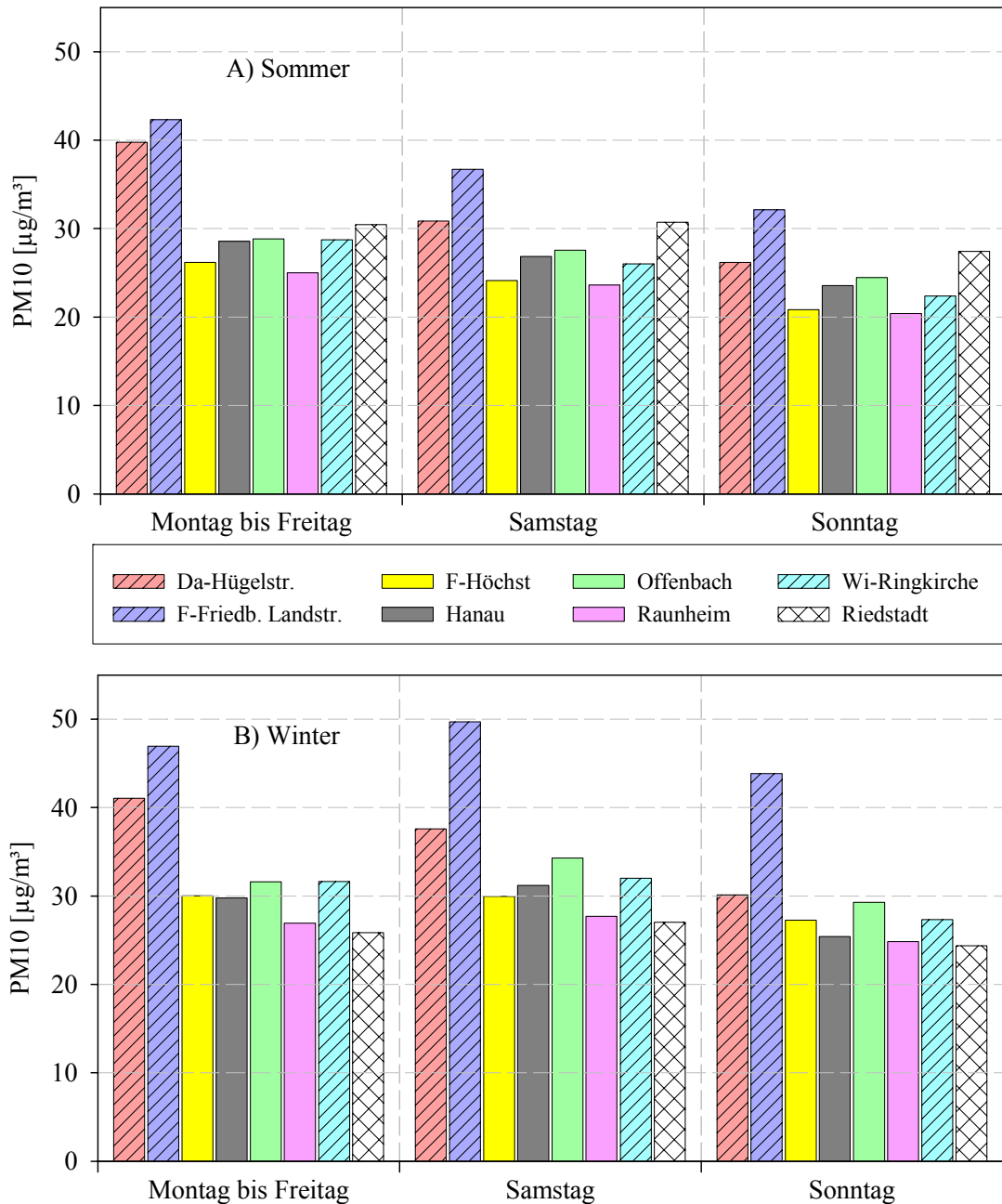


Abbildung 23: Tagesmittelwerte für PM₁₀ im Verlauf der Woche für den Auswertzeitraum von 2000 bis 2002 (bei Frankfurt am Main-Friedberger Landstr.: 2001 – 2002)



Auch bei PM₁₀ gibt es systematische Belastungsunterschiede zwischen Werktagen und Sonntagen, die an den verkehrsbezogenen Messstationen besonders ausgeprägt sind, aber insgesamt deutlich kleiner sind als bei NO₂ (siehe Abbildung 21). Bei den in Abbildung 23 wiedergegebenen Tagesmittelwerten kommt außerdem deutlich heraus, dass PM₁₀ einen sehr hohen Grundpegel aufweist, der auch an Sommersonntagen bei ca. 20 µg/m³ liegt und an

Wintersonntagen bei ca. 25 µg/m³. In Tabelle 14 ist die Anzahl der Tage mit einem Tagesmittelwert größer 50 µg/m³ für den Auswertzeitraum 2001 bis 2002 wiedergegeben.

Tabelle 14: Anzahl der Tage mit einem Tagesmittelwert größer 50 µg PM₁₀/m³ in den Jahren 2001 und 2002

Station:	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Verkehrsstation:							
Da-Hügelstraße	25	29	31	23	24	11	9
F-Friedb. Landstr.	24	27	30	25	30	20	14
Wi-Ringkirche	3	2	5	5	8	6	5
Stadtstation:							
Darmstadt	4	6	8	5	8	9	6
Frankfurt(M)-Höchst	2	5	8	6	9	7	6
Frankfurt(M)-Ost	8	18	18	12	17	8	5
Hanau	3	10	6	9	12	10	7
Offenbach	6	5	5	6	9	7	5
Raunheim	1	5	4	6	5	5	4
Wiesbaden-Süd	6	8	8	6	10	6	6
Vergleichsstation:							
Riedstadt	4	9	10	7	7	12	6

5.3 Bewertung von Wochengängen

Die in den Städten am Wochenende geringere Verkehrsdichte führt zu niedrigeren Emissionen des Kfz-Verkehrs. Der Vergleich der Wochengänge der Verkehrsdichte mit Wochengängen der NO₂- und PM₁₀-Konzentration an den verkehrsbezogenen Immissionsmessstationen, aber auch den Stationen, die die Immissionsbelastung des städtischen Hintergrundes erfassen, zeigt, wie sich die Emissionsminderung infolge der geringeren Verkehrsdichte immissionsseitig auswirkt.

Zunächst zeigen die Wochengänge für NO₂ (siehe Anhang 4) im Vergleich mit den Beispielen für die Wochengänge der Kfz-Dichte an den Verkehrsstationen, dass ein Konzentrationsunterschied der Tagesmittelwerte Werktag minus Sonntag von ca. 20 µg NO₂/m³ im Sommer bzw. 10 µg NO₂/m³ im Winter dem Rückgang der Kfz-Dichte von ca. 25 % (Wiesbaden-Ringkirche) entspricht. Der an der verkehrsbezogenen Messstation am Wochenende gemessene Konzentrationsrückgang setzt sich dabei zusammen aus einem Beitrag der geringeren Verkehrsdichte in der Straße selbst, an der die Messstation steht, und einem wegen der in der Stadt insgesamt niedrigeren Verkehrsdichte abgesenkten Konzentrationsniveaus des städtischen Hintergrundes. Die auch noch an den Vergleichsstationen Königstein und Riedstadt nachweisbaren systematischen Konzentrationsunterschiede zwischen Werktag und Sonntag zeigen, dass sich die am Wochenende niedrigere Kfz-Emission auch noch außerhalb des Ballungsraumes auswirkt. Welcher Anteil des Konzentrationsunterschiedes zwischen Werktag und Sonntag dem Verkehrsrückgang in der Straße am Standort der Messstation und welcher Anteil dem Konzentrationsrückgang der städtischen Hintergrundbelastung zuzuordnen ist, lässt sich auf Basis der vorliegenden Auswertungen (siehe Tabelle 13) nur grob abschätzen. Die vorliegenden Messergebnisse sprechen dafür, dass wohl etwas weniger als 50 % des Konzentrationsunterschiedes zwischen Werktag und Sonntag bei NO₂ auf die verminderten Kfz-

Emissionen in der Straße selbst zurückgehen; bei PM₁₀ (siehe Tabelle 14) dürfte der Anteil der Straße am Standort der Messstation dagegen sogar etwas über 50 % liegen.

5.4 Analyse der Emissionsraten Verkehr

Eine reine Verkehrszählung alleine reicht nicht aus, um die Emissionsraten des Kfz-Verkehrs weiter zu differenzieren.

Tabelle 15: Aufschlüsselung der Emissionsrate des Kfz-Verkehrs nach Kfz-Klassen für die Friedberger Landstraße in Frankfurt am Main (Bezugsjahr: 2003)

Kfz-Art	Anteil	Zusammensetzung
schwere Lkw	3,0%	100% Diesel-Motor
leichte Lkw	2,4%	13,9% Otto- und 86,1% Diesel-Motor
Busse	0,9%	100% Diesel-Motor
Krafträder	2,8%	100% Otto-Motor
Pkw	90,9%	84,6% Otto- und 15,4% Diesel-Motor

	Kfz-Dichte [Kfz/d]	Emissionsrate	
		NO _x [g/(km × d)]	Partikel [g/(km × d)]
Gesamt	31.118	24,4772	0,9880
Anteil nach Motorart:			
Ottomotor (Pkw, Krafträder, leichte Lkw = Lieferwagen)	80,0 %	31,4 %	< 0,1 %
Dieselmotor (Lkw, Busse, Pkw)	20,0 %	68,6 %	100,0 %
davon			
Pkw, leichte Lkw = Lieferwagen	16,1 %	14,4 %	40,8 %
schwere Lkw	3,0 %	37,4 %	45,8 %
Busse	0,9 %	16,9 %	13,4 %

Ein Beispiel für eine solche Aufschlüsselung der Emissionsrate des Kfz-Verkehrs nach Fahrzeugklassen ist in Tabelle 15 angegeben, bei dem die Situation Friedberger Landstraße in Frankfurt am Main für das Bezugsjahr 2003 bei einer Kfz-Dichte von 31.118 Kfz/d betrachtet wird. Das Beispiel wurde mit dem UBA-Handbuch „Emissionsfaktoren“, Version 1.2, berechnet, da an dem Beispiel im Wesentlichen gezeigt werden soll, welche Kfz-Klassen die Emissionsrate prägen. Die Unterschiede zwischen der alten Version 1.2 und der neuen Fassung des UBA-Handbuchs (Version 2.1, Bezugsjahr 2003; 2004) sind für das betrachtete Bezugsjahr 2003 nicht erheblich – im Gegensatz zur Situation im Prognosejahr 2010, für das sich die Unterschiede in der Annahme über die steigende Zahl der Umsteiger von Pkw mit Ottomotor auf Pkw mit Dieselmotor schon stark auswirkt.

Wichtig ist die Aussage, dass die Fahrzeuge mit Ottomotor – bei einem Anteil von ca. 80 % an der Kfz-Dichte auf dem Straßenabschnitt – einen Anteil bei NO_x von ca. 30 % und bei PM₁₀ (Partikel) einen Anteil kleiner 0,1 % an der Emissionsrate für den Straßenabschnitt haben. Dagegen haben die schweren Lkw und Busse mit Dieselmotor – bei einem Anteil von ca. 4 % an der Zahl der Kfz-Bewegungen – einen Emissionsanteil von ca. 55 % an der Emission von NO_x und ca. 50 % an der Emission von PM₁₀. Maßnahmen zur Minderung der Immissionsbelastung beim Kfz-Verkehr sind für NO₂ und PM₁₀ am effizientesten bei den schweren Lkw und Bussen mit Dieselmotor, soweit diese noch keinen leistungsfähigen Partikelfilter und keine funktionsfähige Vorrichtung zur NO_x-Minderung haben.

Dieses Beispiel soll verdeutlichen, dass zwischen den Emissionsraten von Kraftfahrzeugen unterschiedlicher Antriebsarten erhebliche Unterschiede bestehen.

5.5 Transport von Luftschadstoffen in den Ballungsraum

Die Transport-Modellrechnung liefert eine Aussage über den Eintrag von Schadstoffen mit der in den Ballungsraum einströmenden Luft. Die Aussage über die Vorbelastung der in den Ballungsraum einströmenden Luft – oft auch als Ferntransport oder auch Advektion bezeichnet – entscheidet darüber, ob bei der Ursachenanalyse auch Emittenten außerhalb des Ballungsraumes im einzelnen zu berücksichtigen sind. In Tabelle 16 ist die Immissionsbelastung an der Ballungsraumgrenze angegeben, die sich aus den europaweiten Emissionen ohne Berücksichtigung der Emissionen im Ballungsraum Rhein-Main ergibt – d. h. die regionale Hintergrundbelastung.

Tabelle 16: Immissionseintrag von außen für die Aufpunkte im Ballungsraum Rhein-Main aus der Modellrechnung (Jahresmittelwerte für 2002)

Komponente	Ballungsraumgrenze	Vergleichsmessstation	
	Modellrechnung ¹⁾	Königstein ²⁾	Riedstadt ³⁾
NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	8 – 10	14	26
PM ₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	14		30

¹⁾ Gerechnet mit REM-CALGRID auf Basis Europäisches Emissionskataster, anthropogene Emissionen im Ballungsraum Rhein-Main gleich Null gesetzt (Quelle: IVU/TrUmF-Abschußbericht [55]).

²⁾ Luftmessstation oberhalb von Königstein (520 m über NN; in Betrieb bis Jan. 2004).

³⁾ Luftmessstation im Rheintal, in einem noch durch Landwirtschaft geprägten Gebiet (90 m über NN).

5.6 Ausbreitungsrechnung

Mit Ausbreitungsrechnungen lässt sich die Verteilung von Luftbeimengungen wie Luftschadstoffe in der Atmosphäre in Rechenmodellen nachvollziehen. Der Rechenaufwand ist allerdings erheblich. Mit Hilfe solcher Modellrechnungen kann eine Aussage über das Eindringen von Schadstoffen sowohl mit der in den Ballungsraum einströmenden Luft als auch die Verteilung aus den industriellen Emissionen, aus der Gebäudeheizung und aus dem Kfz-Verkehr vorgenommen werden.

Für die Modellierung der Konzentrationsverhältnisse im Straßenraum ist darüber hinaus ein weiteres spezifisches Emissionsausbreitungsmodell erforderlich, bei dem im Wesentlichen der Transport und die chemische Umwandlung der Schadstoffe in der Straßenschlucht, ein empirisches Turbulenzmodul für die Ausbreitung in der Straßenschlucht und ein Ausbreitungsmodul, das die Verteilung für die Einströmung quer zur Straße jeweils stündlich berechnet (s. auch [74]).

Eine entsprechende Immissionsbelastung wurde im Rahmen von durchgeführten Modellrechnungen zur emittentenbezogenen Ursachenanalyse für 15 Straßenschluchten simuliert [55]. Dafür wurden acht Aufpunkte in Frankfurt am Main, ein Aufpunkt in Offenbach, drei Aufpunkte in Wiesbaden und drei Aufpunkte in Darmstadt in Abstimmung mit den jeweiligen Umweltämtern der Städte ausgewählt. Auswahlkriterium war die hohe Kraftfahrzeugdichte

(DTV-Wert) und eine ausgeprägte Straßenschluchtlage. Zugleich wurden mit den Modellrechnungen auch die Vergleiche zwischen der Modellrechnung und der Messung für das Berechnungsjahr 2000 und das Messjahr 2000 bzw. 2002 verglichen.

Der von der Modellrechnung ausgewiesene Belastungsunterschied zwischen der Immissionskonzentration an der Ballungsraumgrenze und den Aufpunkten in Frankfurt am Main, Wiesbaden und Darmstadt, die schon teilweise im mittleren Bereich des Ballungsraumes liegen, machen deutlich, dass die photochemisch angeregten Selbstreinigungsprozesse für NO₂ auch bei den vergleichsweise kurzen Transportwegen der Luftpakete innerhalb des Ballungsraumes schon eine Rolle spielen. Die aus Süden über das Rheintal in den Ballungsraum Rhein-Main einströmende Luft ist im Mittel um ca. 2 µg NO₂/m³ höher belastet als die aus nördlichen Richtungen herantransportierte Luft.

Wegen der im Vergleich zu NO₂ längeren Verweilzeit von Feinstaub bzw. PM₁₀ in der Atmosphäre spielen solche Selbstreinigungsprozesse bei PM₁₀ im Rechengebiet noch keine Rolle. Auch ist der mittlere PM₁₀-Eintrag in den Ballungsraum für alle Windrichtungen gleich.

Die Aufschlüsselung des Jahresmittelwertes nach dem Anteil der wichtigsten Emissionsquellen liefert die Grundlage für die Entwicklung von Maßnahmenkonzepten, ob Industrie, Gebäudeheizung oder Kfz-Verkehr als die dominante Emittentengruppe zu sehen sind. Für die Modellrechnungen an den verkehrsbezogenen Messstationen wurde an den vorgenannten 15 Punkten berechnet, welcher Anteil von Emissionen aus dem Ballungsraum bzw. welcher Anteil aus dem Straßenraum stammt und welcher Anteil außerhalb des Ballungsraumes (Advektion) zuzurechnen ist.

Die Aufschlüsselung des Jahresmittelwertes nach dem Anteil der wichtigsten Emissionsquellen liefert die Grundlage für die Entwicklung von Maßnahmenkonzepten, ob Industrie, Gebäudeheizung oder Kfz-Verkehr als die dominante Emittentengruppe zu sehen sind. Für die Modellrechnungen an den verkehrsbezogenen Messstationen wurde an den vorgenannten 15 Punkten berechnet, welcher Anteil von Emissionen aus dem Ballungsraum und welcher Anteil aus dem Straßenraum stammt.

Tabelle 17: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte und deren Aufgliederung nach dem Ort der Emission

Straßenname	Gesamtbelastung [µg/m ³]	Ballungsraum plus Hintergrund		Straße	
		[µg/m ³]	[%]	[µg/m ³]	[%]
Frankfurt am Main					
Bleichstraße	69	45,6	66	23,0	34
Bockenheimer Straße	60	45,6	76	14,6	24
Escherheimer Landstraße	73	46,8	64	26,1	36
Friedberger Landstraße	68	46,0	68	22,2	32
Hochstraße	72	47,0	65	25,4	35
Höhenstraße	80	46,0	58	34,3	42
Mainzer Landstraße	81	48,7	60	32,3	40
Taunusstraße	70	48,7	70	20,8	30
Offenbach					
Waldstraße	55	40,0	72	15,4	28
Darmstadt					
Hügelstraße	59	33,9	57	24,7	43
Bleichstraße	52	33,9	65	18,6	35
Rhönring	48	33,7	70	13,9	30

Straßenname	Gesamtbelastung [µg/m³]	Ballungsraum plus Hintergrund		Straße	
		[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]
Wiesbaden					
Rheinstraße	60	37,2	62	22,3	38
Kaiser-Friedrich-Ring	67	41,4	62	25,3	38
Schiersteiner Straße	65	39,2	60	26,2	40

In Tabelle 17 sind die berechneten Jahresmittelwerte und deren Aufgliederung nach Immissionsbeitrag über Dach und Beitrag des Kfz-Verkehrs im Straßenabschnitt für NO₂ und in Tabelle 18 die berechneten Jahresmittelwerte für PM₁₀ aufgeführt. Mit dieser Berechnung wird die räumliche Herkunft, ob die Schadstoffe/Luftpakete aus dem Ballungsraum oder aus der Straße stammen, beschrieben.

Tabelle 18: Berechnete PM₁₀-Jahresmittelwerte und deren Aufgliederung nach dem Ort der Emission

Straßenname	Gesamtbelastung [µg/m³]	Ballungsraum plus Hintergrund		Straße	
		[µg/m³]	[%]	[µg/m³]	[%]
Frankfurt am Main					
Bleichstraße	34,3	23,0	67	11,0	32
Bockenheimer Straße	29,1	22,4	77	6,7	23
Escherheimer Landstraße	36,8	23,6	64	13,2	36
Friedberger Landstraße	43,6	32,7	75	11,3	26
Hochstraße	36,3	24,0	66	12,3	34
Höhenstraße	55,3	32,1	58	23,2	42
Mainzer Landstraße	43,2	24,2	56	19,0	44
Taunusstraße	34,0	24,1	71	9,9	29
Offenbach					
Waldstraße	29,9	23,6	79	6,3	21
Darmstadt					
Hügelstraße	34,3	21,3	62	13,0	38
Bleichstraße	30,0	21,3	71	8,7	29
Rhönring	26,3	20,8	79	5,5	21
Wiesbaden					
Rheinstraße	32,3	21,6	67	11,0	34
Kaiser-Friedrich-Ring	36,9	22,5	61	14,4	39
Schiersteiner Straße	35,7	21,8	61	13,9	39

Wichtig ist jedoch auch, welche Anteile welchen Quellgruppen (Kfz, Industrie, Gebäudeheizung bzw. Ferntransport) zuzurechnen sind. Eine entsprechende Verteilung auf die jeweiligen Quellgruppen ist für NO₂ in Tabelle 19 und für PM₁₀ in Tabelle 20 aufgeführt. Die Beiträge aus dem Luftverkehr zur Immissionsbelastung im Bereich Frankfurt am Main-Friedberger Landstraße wurden mit Hilfe von Modellrechnungen mit etwa 1 µg NO₂/m³ und im Bereich Wiesbaden mit etwa 0,5 µg NO₂/m³ sowie im Bereich Darmstadt mit 0,1 µg NO₂/m³ abgeschätzt. Für PM₁₀ ergibt sich die Feststellung, dass hier nur geringe Mengen innerhalb der Fehlergrenzen von etwa 0,1 µg PM₁₀/m³ aus dem Luftverkehr stammen. Dabei ist der Beitrag des Luftverkehrs und des Flughafens Frankfurt am Main zur Immissionsbelastung im Umfeld des Flughafens bzw. für den städtischen Hintergrund selbst nicht zu vernachlässigen, jedoch im Verkehrsraum der Innenstädte von Frankfurt, Wiesbaden und Darmstadt dagegen gering.

Als Ergebnis der Aufschlüsselung der Emittentengruppen ist entsprechend Tabelle 19 und festzustellen, dass der Kfz-Anteil an den Verkehrsstationen bei NO₂ zwischen 55 % und 65 % zu den Immissionen beiträgt, der Anteil der Emissionen aus dem Bereich Industrie etwa 10 % bis

15 % und die Anteile aus dem Bereich Gebäudeheizung und Ferntransport in der Größenordnung um 5 % bis 10 % liegen. Bei PM₁₀ liegen die Anteile für die Herkunft aus dem Kfz-Verkehr zwischen etwa 25 % und 50 %, aus dem Bereich Industrie und Gebäudeheizung für die untersuchten Standorte um 10 % bzw. 5 %. Diese Angaben beziehen sich auf den Anteil der Emissionen aus dem Ballungsraum; zu berücksichtigen ist bei PM₁₀ noch nach Modellrechnung ein Ferneintrag um die 40 %.

Tabelle 19: Aufschlüsselung des NO₂-Jahresmittelwertes nach Emittentengruppen

Straßenname	Gesamtbelastung [µg/m ³]	Kfz		Industrie		Gebäude	
		[µg/m ³]	[%]	[µg/m ³]	[%]	[µg/m ³]	[%]
Frankfurt am Main							
Bleichstraße	68,6	41,8	61	7,5	11	3,4	5
Bockenheimer Straße	60,2	33,1	55	6,6	11	3,6	6
Escherheimer Landstraße	72,9	44,5	61	8,0	11	3,6	5
Friedberger Landstraße	68,2	41,6	61	7,5	11	3,4	5
Hochstraße	72,3	44,1	61	8,0	11	3,6	5
Höhenstraße	80,3	53,8	67	7,2	9	4,0	5
Mainzer Landstraße	80,9	51,8	64	8,1	10	3,2	4
Taunusstraße	69,5	40,3	58	8,3	12	3,5	5
Offenbach							
Waldstraße	55,4	33,2	60	6,6	12	3,3	6
Darmstadt							
Hügelstraße	58,6	39,3	67	5,9	10	2,3	4
Bleichstraße	52,4	33,5	64	5,8	11	2,1	4
Rhönring	47,6	28,1	59	6,2	13	2,4	5
Wiesbaden							
Rheinstraße	59,5	33,9	57	7,1	12	3,0	5
Kaiser-Friedrich-Ring	66,6	38,6	58	8,7	13	2,7	4
Schiersteiner Straße	65,4	38,6	59	8,5	13	2,6	4

Tabelle 20: Aufschlüsselung des PM₁₀-Jahresmittelwertes nach Emittentengruppen

Straßenname	Gesamtbelastung [µg/m ³]	Kfz		Industrie		Gebäude	
		[µg/m ³]	[%]	[µg/m ³]	[%]	[µg/m ³]	[%]
Frankfurt am Main							
Bleichstraße	34,3	13,0	38	3,8	11	1,4	4
Bockenheimer Straße	29,1	8,7	30	3,2	11	1,2	4
Escherheimer Landstraße	36,8	15,5	42	4,0	11	1,5	4
Friedberger Landstraße	43,6	14,8	34	3,5	8	1,3	3
Hochstraße	36,3	14,5	40	4,0	11	1,5	4
Höhenstraße	55,3	26,5	48	3,9	7	1,7	3
Mainzer Landstraße	43,2	21,2	49	3,9	9	1,3	3
Taunusstraße	34,0	11,9	35	4,1	12	1,4	4
Offenbach							
Waldstraße	29,9	8,4	28	3,3	11	1,2	4
Darmstadt							
Hügelstraße	34,3	15,8	46	2,7	8	1,0	3
Bleichstraße	30,0	11,4	38	2,7	9	1,2	4
Rhönring	26,3	7,6	29	2,6	10	0,8	3
Wiesbaden							
Rheinstraße	32,3	12,9	40	3,2	10	1,0	3
Kaiser-Friedrich-Ring	36,9	16,6	45	3,7	10	1,1	3
Schiersteiner Straße	35,7	16,1	45	3,6	10	1,1	3

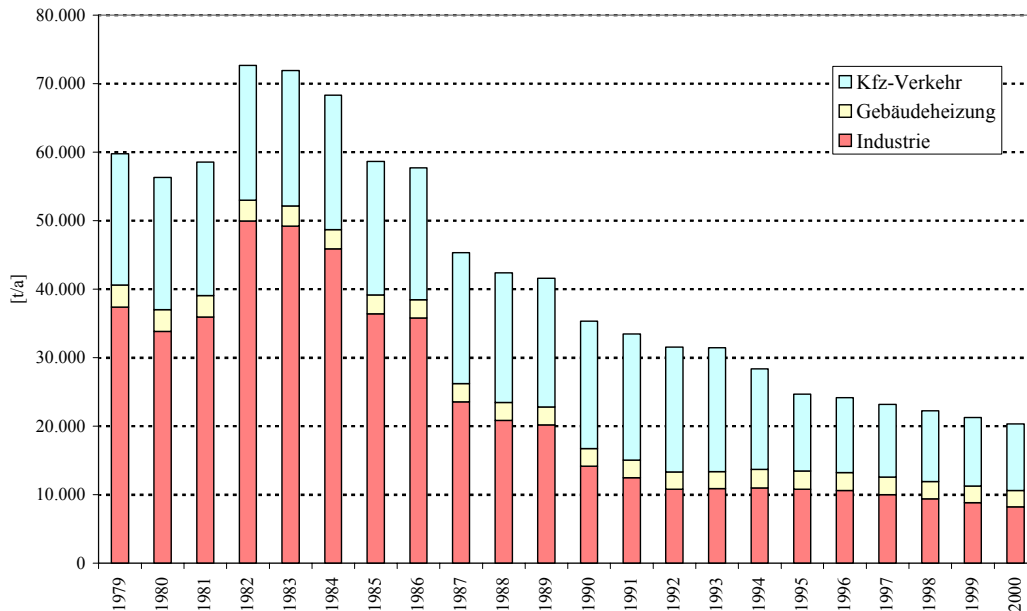
6 Angaben zu bereits vor Inkrafttreten der Richtlinie 96/62/EWG durchgeführten Maßnahmen

Mit der Ausweisung von vier Belastungsgebieten nach § 44 Bundes-Immissionsschutzgesetz alter Fassung in Hessen durch Verordnung vom 5. August 1975 wurde es erforderlich, die Emissionen und Immissionen in diesen Gebieten zu erfassen. Da die ehemaligen Belastungsgebiete „Unterrhein“ und „Rhein-Main“ einen wesentlich Anteil am Gebiet des „Luftreinhalteplanes für den Ballungsraum Rhein-Main“ bilden, wird die Entwicklung der Emissionen und der Immissionssituation seit Beginn der Erhebungen in den Belastungsgebieten für die damals zu erstellenden Luftreinhaltepläne bis zum Jahre 2002 kurz gefasst dargestellt.

6.1 Maßnahmen zur Emissionsminderung bei der Emittentengruppe Industrie

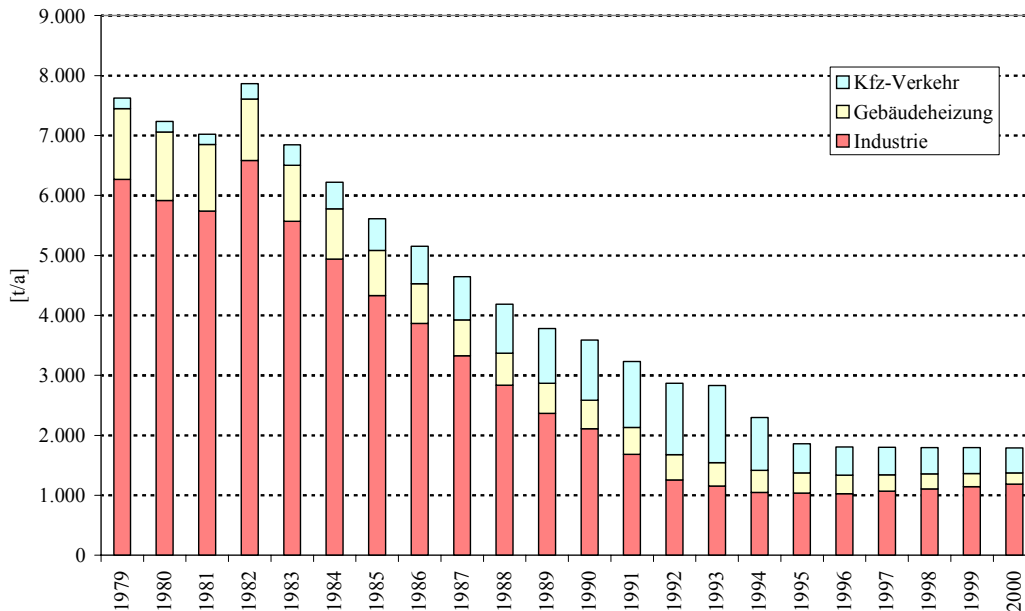
Bereits seit Beginn der 70er Jahre (mit Festlegung von Standards für die Immissionsminderung sowohl bei Industrieanlagen, Hausfeuerungen und auch Kfz) sind erhebliche Minderungen der Belastungen von NO_x und insbesondere auch von Staub erzielt worden. Eine Entwicklung der Stickstoffdioxidemissionen für das Untersuchungsgebiet Rhein-Main und Unterrhein (als ehemalige Belastungs- bzw. Untersuchungsgebiete nach § 44 BImSchG a. F.) ist in Abbildung 24 bzw. die Entwicklung der Staubemissionen (nicht vergleichbar mit den PM₁₀-Werten) für das vergleichbare Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 25 dargestellt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die absoluten Angaben wegen der unterschiedlichen Erhebungsgebiete nicht mit den heutigen Emissionen auf der Basis PM₁₀ und insbesondere auch nicht mit den Werten in Tabelle 10 vergleichbar sind.

Abbildung 24: Entwicklung der Stickstoffoxidemissionen für die Untersuchungsgebiete Rhein-Main und Untermain (interpolierte Angaben)



In Abbildung 24 und Abbildung 25 sind für die beiden Untersuchungsgebiete seit der Ersterhebung der Emissionskataster seit 1979/81 bis zum Jahr 2000 die bei der Emittentengruppe Industrie erreichten Emissionsminderungen bei den Komponenten NO_x und Staub zusammengestellt. Zu dieser Entwicklung haben die Anforderungen der Großfeuerungsanlagenverordnung (13. BImSchV [8]), das „Altanlagenanierungsprogramm“ der TA Luft von 1986 und die 17. BImSchV (Verbrennungsanlagen [9]) wesentlich beigetragen.

Abbildung 25: Entwicklung der Staubemissionen für die Untersuchungsgebiete Rhein-Main und Unterrhein (interpolierte Angaben)



6.2 Maßnahmen bei der Emittentengruppe Gebäudeheizung

Bei der Emittentengruppe Gebäudeheizung gab es zwischen 1980 und 2002 erhebliche Veränderungen, wie die vorliegenden Emissionskataster dokumentieren. Günstige Gas- und Heizöl-EL-Preise sowie die Bedienungsfreundlichkeit dieser Heizungsanlagen haben in den 70er und 80er Jahren verbreitet zu einem Ersatz von veralteten Kohlefeuerungen durch mit Gas oder Heizöl EL betriebene Heizungsanlagen im Bereich der Wohnhäuser geführt. Die 1979 in Kraft gesetzte und seither mehrfach novellierte 1. BImSchV (Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen [6]) hat außerdem mit ihren Emissionsgrenzwerten und dem Gebot, die Emissionen einmal im Jahr durch Messungen von Sachverständigen überprüfen zu lassen, eine Basis geschaffen, bei Heizungsanlagen im Bereich der Emittentengruppe Gebäudeheizung eine Emissionsbegrenzung auch durchzusetzen.

6.3 Maßnahmen bei der Emittentengruppe Kfz-Verkehr

Bei den Maßnahmen zur Minderung der Emissionen des Kfz-Verkehrs muss man unterscheiden zwischen den Maßnahmen zur Minderung der spezifischen Emissionen der einzelnen Fahrzeuge und planerischen Maßnahmen zur Vermeidung von Kfz-Fahrten und zur Lenkung der Verkehrsströme. Die Minderung der spezifischen Emissionen am Fahrzeug (in g/km) erfolgt sowohl über die Begrenzung der Fahrzeugemissionen als auch durch erhöhte Anforderungen an die Qualität der zum Betrieb der Kraftfahrzeuge eingesetzten Otto- und Diesel-Kraftstoffe; beide Bereiche werden durch EG-Richtlinien geregelt. Primär ist das Instrument der Emissionsgrenzwerte für die Kraftfahrzeuge selbst zu sehen (vgl. Tabelle 21 mit einer Übersicht über die Abgasnormen und deren In-Kraft-Treten).

Die klassischen Instrumente zur Entlastung der Umwelt durch kombinierte technische und verkehrsplanerische Maßnahmen sind vielerorts beschrieben worden. Ein solches Systemkonzept ist der „Maßnahmeplan Umwelt und Verkehr“ des Umweltbundesamtes [75].

Dabei ist festzuhalten, dass die verschärften Abgasnormen (Grenzwerte) zunächst nur für Neuwagen gelten und erst über das Ausscheiden von Altfahrzeugen eine Senkung der mittleren Emissionswerte der Fahrzeugflotte erfolgt. Kontraproduktiv ist dabei, dass in den letzten Jahren die Verkehrsleistungen erheblich angestiegen sind. Für den Ballungsraum Rhein-Main sind die Jahresfahrleistungen für die Jahre 1995 und 2000 angegeben (siehe Tabelle 22). Die Fahrleistungen haben überwiegend auf den Autobahnen zugenommen, während sie auf Bundesstraßen, Gemeindestraßen, Kreis- und Landesstraßen weitgehend gleich geblieben sind.

Tabelle 21: Übersicht über die Abgasnormen der EU

Norm	Pkw		Lkw und Busse	
	Jahr	Richtlinie	Jahr	Richtlinie
Euro 0			1988/90	88/77/EWG
Euro 1	1992	91/44/EWG, 93/59/EWG	1992/93	91/542/EWG
Euro 2	1996	94/12/EG, 96/69/EG	1995/96	91/542/EWG
Euro 3	2000	98/69/EG	2000	1999/96/EG
Euro 4	2005	98/96/EG	2005/06	1999/96/EG
Euro 5			2008/09	1999/96/EG

Die Emissionsgrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge sind seit Verabschiedung der EG-Richtlinie 70/220/EWG (1970) schrittweise verschärft worden. In Tabelle 21 sind Termine zusammengestellt, zu denen neue verschärfte Emissionsgrenzwerte für Pkw (EU-Norm Euro 1 – 4) und Lkw (EU-Grenzwerte Euro 1 - 5) für Neuwagen verbindlich in Kraft traten bzw. treten werden.

Tabelle 22: Jahresfahrleistung im Ballungsraum Rhein-Main

		1995		2000	
		Streckenlänge in km	Jahresfahrleistung in 10 ⁶ km/a	Streckenlänge in km	Jahresfahrleistung in 10 ⁶ km/a
Hessen	Summe	39.378	53.769,91	39.402	56.090,94
Ballungsraum	Summe	7.312	16.124,34	7.323	16.952,18
Ballungsraum	Autobahn	444	7.708,85	444	8.566,73
Ballungsraum	Bundesstraßen	581	2.886,46	594	2.949,52
Ballungsraum	Gemeindestraßen	5.265	3.118,49	5.265	3.117,67
Ballungsraum	Kreisstraßen	369	553,43	368	536,06
Ballungsraum	Landesstraßen	651	1.857,10	651	1.782,20

In Tabelle 22 sind die mit den vorliegenden Kfz-Emissionskatastern für den Ballungsraum ermittelten Summen der Fahrleistungen für die Erhebungsjahre 1995 und 2000 zusammengestellt. Diese Daten machen deutlich, dass die Verkehrsleistung weiter steigen wird, wenn, wie von der EU beabsichtigt, nicht gegengesteuert wird; der Anstieg der Fahrleistung beträgt im Mittel im Ballungsraum ca. 1 % pro Jahr, auf den Autobahnen im Ballungsraum aber ca. 2 % pro Jahr. Bei der Entwicklung des Maßnahmenplanes darf man den Ist-Zustand der Verkehrsemissionen – sowie auch der Emissionen der übrigen Emittentengruppen – nicht als weitgehend statisches System sehen, sondern muss auch die Dynamik der Entwicklungen berücksichtigen.

6.3.1 Im Zeitraum 1980 – 2002 durchgeführte verkehrsbezogene Maßnahmen am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main

Bei den nachfolgend aufgeführten Maßnahmen handelt es sich um planerische Maßnahmen zur Vermeidung von Kfz-Fahrten und zur Lenkung der Verkehrsströme.

Die verkehrsbezogenen Maßnahmen, die einen Beitrag zur Luftreinhaltung in den letzten zwei Jahrzehnten geleistet haben, sind den folgenden Handlungsfeldern zuzuordnen:

- A. Verkehrsaufwand vermeiden**
- B. Verkehr modal verlagern**
- C. Verkehr verträglich abwickeln**
- D. Verschiedenes.**

Im Folgenden wird beispielhaft für die Stadt Frankfurt am Main dargestellt, welche Maßnahmen und in welcher Form bereits durchgeführt worden sind, um die Emissionen durch den Kfz-Verkehr zu mindern. Im Zeitraum 1980 bis 2002 sind nachfolgende verkehrsbezogene Maßnahmen zur Minderung der Luftbelastung durchgeführt worden:

A. Verkehrsaufwand vermeiden

Steuerung der Siedlungsentwicklung in Richtung „Stadt/Region der kurzen Wege“ durch Innenentwicklung vor Außenentwicklung, Nutzungsmischung und breites Wohnungsangebot für alle sozialen Gruppen:

- Konversion vormals militärischer Flächen und Eisenbahnflächen zu neuen Quartieren (z. B. diverse US-Kasernen, Hauptgüter- und Rangierbahnhof),
- Aktivierung von Flächenreserven im Stadtgebiet (z. B. Riedberg, Frankfurter Bogen).

B. Verkehr modal verlagern

Entwicklung und Sicherung der Fahrgastpotenziale für den öffentlichen Personenverkehr; Orientierung der Schwerpunkte der Siedlungsentwicklung an den Strecken des schienengebundenen ÖPNV.

Anbindung der Stadt und wichtiger singulärer Verkehrserzeuger an das übergeordnete Eisenbahnnetz (Anbindung des Flughafens an das IC-Netz, Anbindung des Hauptbahnhofs an das ICE-Netz, Direktanbindung des Flughafens an das Hochgeschwindigkeitsnetz).

Steuerung des Stellplatzangebotes für den motorisierten Individualverkehr:

- Einführung einer kommunalen Stellplatzeinschränkungssatzung,
- Flächenhafte Parkraumbewirtschaftung,
- Einrichtung von Anwohner- bzw. Bewohnerparkgebieten.

Ausbau der ÖPNV-Infrastruktur:

1. S-Bahn

Schrittweise Verlängerung der 1978 in Betrieb genommenen Stammstrecke vom Hauptbahnhof über Hauptwache in Richtung Osten und schrittweise Verlängerung der Zweigstrecken bzw. Einführung neuer Zweigstrecken. Mit Einführung des neuen Verkehrsverbundes RMV

Umstellung des S-Bahn-Taktrasters von 20' / 40' / 60' auf 15' / 30' / 60'. Ende 2002 wurden folgende Endpunkte in der Region angefahren: Wiesbaden, Niedernhausen, Bad Soden, Kronberg, Friedrichsdorf, Friedberg, Hanau, Darmstadt, Riedstadt. Einrichtung des Haltepunktes Messe.

2. Stadtbahn

Schrittweiser Ausbau des Stadtbahnnetzes mit vier unterirdischen Stammstrecken („U-Bahn“) in der Innenstadt und überwiegend ebenerdigen Zweigstrecken im äußeren Stadtbereich sowie Anpassung des Straßenbahnnetzes, u. a. Einstellung verschiedener Straßenbahnlinien (1985–2000):

- Verlängerung der Strecke vom Willy-Brandt-Platz bis Südbahnhof,
- Verlängerung der Strecke von der Konstablerwache bis Seckbacher Landstraße,
- Inbetriebnahme der Strecke zwischen Hausen bzw. Heerstraße und Zoo,
- Verlängerung der Strecke vom Zoo bis Enkheim,
- Verlängerung der Strecke vom Zoo bis Ostbahnhof,
- Inbetriebnahme der Strecke vom Hauptbahnhof bis Bockenheimer Warte.

3. Straßenbahn

- Neubau einer Straßenbahnstrecke in der Konrad-Adenauer-Straße.

4. Bus

- Neues Buskonzept im Frankfurter Norden (erstmaliger Einsatz von Midi-Bussen),
- Neues Buskonzept Höchst,
- Erschließung von verschiedenen Wohn- und Gewerbegebieten,
- Einführung eines Nachtbussystems.

5. Sonstige ÖPNV-Maßnahmen

- Einführung eines Verkehrsverbundes – 1974 FVV / 1995 RMV (u. a. Einführung eines einheitlichen Tarifes),
- Einführung nutzerfreundlicher Fahrzeuge (niederflurige Busse und Straßenbahnen),
- barrierefreier Umbau von Haltestellen,
- ÖV-Beschleunigung durch eigene Bahnkörper, Busspuren, Vorrang an Lichtsignalanlagen,
- Verbesserung der Fahrgastinformation,
- Messeverkehre und Sonderverkehre zu Großveranstaltungen.

6. Radverkehr

- Einrichtung von Radverkehrsanlagen an Hauptverkehrsstraßen,
- Flächenhafte Verkehrsberuhigung in Wohngebieten zur Verbesserung der Bedingungen für den Radverkehr als Mischverkehr auf der Fahrbahn,

- Einrichtung von ausgeschilderten Radrouten für wichtige Verkehrsbeziehungen,
- Öffnung von Einbahnstraßen für Radverkehr in Gegenrichtung in Tempo-30-Zonen,
- Einrichtung von Fahrradstraßen.

7. Fußgänger

- Einrichtung von Fußgängerzonen in der Innenstadt und in Stadtteilzentren,
- Verbesserung der Überquerbarkeit von Hauptverkehrsstraßen,
- fußgängerfreundliche Lichtsignalschaltungen (Reduzierung der Wartezeiten für Fußgänger an Lichtsignalanlagen).

8. Förderung des kombinierten Verkehrs

- Förderung dezentraler, wohnortnaher P+R-Anlagen in der Region mit Mitteln der Stadt Frankfurt am Main,
- Kostenlose Fahrradmitnahme im Regional- und Stadtbahnverkehr (nicht in Hauptverkehrszeiten).

9. Regionalverkehr

- Betriebliche Verlängerung („Durchbindung“, s. u.) der Frankfurt-Königsteiner Eisenbahn (FKE) vom Bhf. Höchst bis zum Hauptbahnhof in der Hauptverkehrszeit.

C. Verkehr verträglich abwickeln

Bündelung des notwendigen Kfz-Verkehrs auf einem leistungsfähigen und umfeldverträglichen Hauptverkehrsstraßennetz.

Abschirmung sensibler Siedlungsbereiche durch Bau tangentialer Trassen und Ortsteilumgehungen:

- Ostumgehung Frankfurt am Main (A 661),
- Umgehung Harheim,
- Umgehung Kalbach,
- Nordumgehung Niederursel,
- B 40a Schwanheimer Knoten – Schwanheimer Brücke (Südumgehung Höchst),
- Jean-Monnet-Straße,
- Flößerbrücke,
- Verlängerung Mainzer Landstraße (Umgehung Nied),
- Autobahnanschlüsse Frankfurt-Ost, Niederrad, Westhafen.

Verkehrsmanagement-Maßnahmen:

- Lkw-spezifische Wegweisung,
- Installation von verkehrsabhängigen Steuerungsprogrammen für Lichtsignalanlagen,
- Dosierung des Verkehrsflusses an ausgewählten Zufahrten (Pfortnerampeln),

- Überprüfung der Lichtsignalsteuerung im Netz (Grüne Wellen-Koordinierung),
- Verbesserung der Verkehrsinformation durch Planung und Einrichtung einer Mobilitätszentrale, durch Präsentation von Verkehrsinformationen in den Medien Fax-Abwurf, Internet, Videotext,
- Planung einer Integrierten Gesamtverkehrsleitzentrale,
- Planung, Einrichtung und Erweiterung eines Parkleitsystems zur Reduzierung von Parksuchverkehr.

Verkehrsplanerische Maßnahmen:

- Im Zeitraum 1991 bis 2002 sind in den dafür geeigneten Wohngebieten Tempo-30-Zonen ausgewiesen worden,
- An- bzw. Bewohnerparkregelung,
- Überprüfung der Verkehrsführung in den Quartieren mit dem Ziel einer Reduzierung von Schleifen- bzw. Umwegfahrten.

6.4 Bewertung

Die Maßnahmen zur Minderung der NO_x - und Staubemissionen in den 80er und 90er Jahren waren sehr erfolgreich, wie die Emissionstrends für NO_x (Abbildung 24) und Staub (Abbildung 25) dokumentieren. Die Aufschlüsselung nach Emittentengruppen macht dabei deutlich, dass vor allem die Emissionsminderungen bei der Emittentengruppe Industrie den Trend der Emissionsentwicklung prägten. Dies trifft insbesondere für die Komponente NO_x zu. Bei der Komponente Staub haben im Bereich Gebäudeheizung der Brennstoffwechsel (fest \rightarrow flüssig und flüssig \rightarrow gasförmig – mit Wirkungsgraderhöhung), Nah-, Fernwärmeheizung sowie die Emissionsminderungen an den jeweiligen Heizanlagen ebenfalls deutlich zur Minderung der PM_{10} -Immissionsbelastung beigetragen. Begleitet wurden diese Trends durch energiesparende Bauweisen, die generell zur Senkung des spezifischen Heizenergiebedarfs und damit der Emissionen aus diesem Bereich führen. Diese Emissionsminderungen in den letzten zwanzig Jahren erklären auch, warum bei diesen beiden Emittentengruppen weitere Emissionsminderungen nur noch in geringerem Umfang zu erwarten sind und der Maßnahmenplan überwiegend die Emittentengruppe Kfz-Verkehr einbezieht.

Die erreichten Emissionsminderungen haben im Bereich der städtischen Hintergrundbelastung auch zu einem Absinken der Immissionsbelastung von NO_2 und PM_{10} geführt. Da die bodennah freigesetzten Emissionen des Kfz-Verkehrs die Immissionskonzentration an den Messstationen stärker prägen als die über Schornsteine von 50 m oder höher emittierten Abgase der Emittentengruppe Industrie, folgt die an den verkehrsbezogenen Stationen gemessene Immissionsbelastung von NO_2 und PM_{10} dem ermittelten Emissionstrend „Industrie“ und „Gebäudeheizung“ mit merklichen Abweichungen, während die an den emissionsfernen Stationsstandorten gemessene Immissionstrend dem für den Ballungsraum ermittelten Emissionstrend besser entspricht. Es wurde nachgewiesen, dass die 90 stärksten NO_x -Einzelemittenten, die etwa 95 % der NO_x -Emissionen aus industriellen Quellen repräsentieren, nur einen Beitrag von drei bis fünf Prozent an der gemessenen Immissionskonzentration an den Verkehrsmessstationen ergeben und damit Minderungsmaßnahmen an diesen Quellen nur zu

fordern sind, wenn die Anlagen hinsichtlich ihres Emissionsverhaltens nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen.

7 Angaben zu den nach dem Inkrafttreten der 22. BImSchV zur Verminderung der Immissionsbelastung vereinbarten Maßnahmen und Vorhaben

7.1 Bearbeitungskonzept Maßnahmenplan

Auf Grund der Ergebnisse der Untersuchungen für die bisherigen Untersuchungsgebiete „Rhein-Main“ und „Unterrhein“ [41, 42] war schon bei Beginn der Arbeiten an dem Luftreinhalteplan für den „Ballungsraum Rhein-Main“ erkennbar, dass die Emissionen der Emittentengruppe Kfz-Verkehr zu einem wesentlichen Anteil zur Immissionsbelastung in der Region beitragen.

Das Ziel geeigneter Maßnahmen ist es, die Luftqualität in den Straßen, in denen derzeit Immissionsgrenzwerte überschritten oder erhöhte Immissionsbelastungen zu vermuten sind, so zu verbessern, dass die Grenzwerte sicher eingehalten werden. Wegen der weiträumig erhöhten regionalen Hintergrundbelastung an PM₁₀ und NO_x für den gesamten Ballungsraum ist dieses Ziel jedoch nur über die Strategie einer weiträumigen Emissionsminderung zu erreichen. Es ist nicht vorrangiges Ziel der Luftreinhalteplanung, den Verkehr zu mindern bzw. zu beschränken, sondern durch wirksame emissionsmindernde Maßnahmen am Kraftfahrzeugbestand, durch die Steuerung des Verkehrsflusses und durch das Angebot überzeugender Alternativen zum motorisierten Individualverkehr die geforderten Luftqualitätsziele zu erreichen.

7.2 Zusammenfassung der für die Entwicklung des Maßnahmenplanes wesentlichen Erkenntnisse

Aus der Analyse der aktuellen Belastungssituation sowie der emittentenbezogenen Ursachenanalyse wurden folgende Schwerpunkte für einen Maßnahmenplan abgeleitet:

- A) Die Emissionen des Kfz-Verkehrs – und hier insbesondere durch Diesel-angetriebene Fahrzeuge – sind die Hauptursache der erhöhten NO₂- und PM₁₀-Belastungen an den verkehrsbezogenen Messstationen. Dies wurde durch die emittentenbezogene Ursachenanalyse mittels Ausbreitungsrechnungen festgestellt und durch die Auswertungen der Immissionsmessungen nach Wochengängen bestätigt.
- B) Die Immissionsbelastung durch NO₂ ist im Ballungsraum Rhein-Main nicht nur in den Straßenschluchten mit starkem Kfz-Verkehr erhöht, sondern die mittlere Hintergrundbelastung liegt bereits im Bereich des Immissionsgrenzwertes. Maßnahmen zur Minderung der Kfz-Emissionen in den jeweiligen Straßenabschnitten mit Grenzwertüberschreitungen reichen daher nicht aus, um ein dauerhaftes Belastungsniveau unterhalb der Grenzwerte zu erreichen. Es sind insgesamt Maßnahmen zur Senkung der Hintergrundbelastung im Ballungsraum notwendig.
- C) Die Auswertung der Häufigkeit der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg PM₁₀/m³ in Abhängigkeit von den Wochengängen zeigen, dass die Überschreitungshäufigkeit des 50 µg/m³-Schwellenwertes mit sinkender mittlerer PM₁₀-Belastung stark

abnimmt; die Überschreitung des Immissionsgrenzwertes „Tag“ bei PM₁₀ lässt sich somit auch durch Maßnahmen der generellen Senkung der Belastung abbauen.

- D) Die Aufschlüsselung der Emissionsraten nach Kfz-Klassen und Antriebsarten zeigt, dass schwere Lkw und Busse bzw. der Dieselantrieb überproportional zur Emissionsrate in den Straßen beitragen. Da Pkw mit Ottomotoren, obwohl sie ca. 75 % Anteil am Kfz-Verkehr haben, nur ca. 20 % zur NO₂-Emission und nur geringfügig zur PM₁₀-Emission beitragen, sind Maßnahmen zur Emissionsminderung vorrangig bei schweren Lkw und Bussen und nachrangig an allen Dieselfahrzeugen anzusetzen.
- E) Bei der Abwägung zwischen den in Frage kommenden Maßnahmen sind der Verursacheranteil und der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu berücksichtigen. Die Grenzwertüberschreitungen beruhen ganz überwiegend auf den starken verkehrlichen Belastungen im Umfeld der Straßenzüge im Bereich der Verkehrsmessstationen. Die Anteile des Straßenverkehrs im Rhein-Main-Gebiet liegen für NO₂-Emissionen bei ca. 55 % und für PM₁₀ bei ca. 62 % der erfassten Emissionen. In den Straßenzügen weichen die modellhaft berechneten Anteile zum Teil davon etwas ab. Andere Verursacherquellen tragen nicht zu relevanten und beeinflussbaren Anteilen zur Immissionsbelastung bei.

Deshalb werden die Schwerpunkte der Emissionsminderungsaktivitäten weitgehend auf den höchsten Emissionsanteil des Kraftfahrzeugverkehrs - und hier den Anteil mit Dieselmotorantrieb – zu richten sein.

7.3 Erwartete Emissionsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland

Insgesamt sind durch das Programm „Clean Air for Europe“ (CAFE) der Europäischen Union sowie der Bundesregierung (gemäß § 8 der 33. BImSchV [16]) und durch den technischen Fortschritt Minderungen der Emissionsentwicklung zu erwarten. Diese beziehen sich vorrangig auf

- weitere Schritte bei der Emissionsminderung am Kfz-Bestand, flankiert durch die Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für neue Pkw und Lkw,
- die EU-Richtlinie 96/61/EG IVU-Richtlinie (Integrierte Vermeidung von Umweltverschmutzung – übernommen durch das Artikelgesetz v. 3. August 2001),
- die EU-Richtlinie 2001/81/EG – NEC-Richtlinie [36] (für NO_x, indirekt auch PM₁₀) – übernommen mit der 33. BImSchV [16],
- die Umsetzung der Novelle der TA Luft v. 24. Juli 2002 [2],
- die Umsetzung der Energie-Einspar-Verordnung v. 16. Nov. 2001.

7.4 Voraussichtliche Entwicklung der Belastung (Referenzprognosen für NO₂ und PM₁₀)

Belastbare Erkenntnisse über konkrete Änderungen der Emissionen 2005 bis 2010 aus den Quellgruppen

- Industrie
- Verkehr (Kfz-Straße, Bahn)
- Gebäudeheizung
- Schifffahrt und Flugverkehr

liegen im Detail nicht vor. Aufgrund der erwarteten Emissionsentwicklung, die auch als Projektion für die Vorgaben der EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (33. BImSchV [16]) und für die von der Bundesregierung dazu zu erstellenden Änderungsprogramme umfassen, lässt sich bei NO_x eine Minderung um etwa 35 % der Emissionen prognostizieren.

Diese teilen sich aufgrund der zu erwartenden Entwicklungen im Kfz-Verkehr, in der Industrie und in der Gebäudeheizung wie folgt auf:

	NO _x	PM ₁₀
Kfz-Verkehr	- 40 %	- 10 %
Industrie	- 10 %	- 10 %
Gebäudeheizungen	- 10 %	- 10%

Danach ergibt sich eine Abschätzung der Werte für NO_x bis 2010 als Minderungspotential 35 % und damit eine Abnahme von 2000 bis 2010 (37.800 t im Ballungsraum auf 24.600 t). Für PM₁₀ liegt die Abnahme in Mitteln bei 10 % von 2000 bis 2005 von etwa 2.430 t auf 2.180 t.

Der aus der abgeschätzten Emissionsminderung zu erwartende Rückgang der Immissionsbelastung wird für die Standorte der verkehrsbezogenen Messstationen durch die Minderung beim Kfz-Verkehr bestimmt; daher wird bei NO₂ eine Minderung der Immissionsbelastung auf Grund der abgeschätzten Emissionsentwicklung um ca. 30 % erwartet. Diese Minderung reicht nicht aus, um dafür Sorge zu tragen, dass an den verkehrsbezogenen Messstationen der Immissionsgrenzwert für NO₂ im Jahr 2010 sicher eingehalten werden kann; es sind daher zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

Durch die sehr unterschiedlichen Häufigkeiten von stabilen Hochdruckwetterlagen kann die Kurzzeitkenngröße „Tag“ von Jahr zu Jahr erheblich schwanken. Mit der allgemeinen Absenkung der Emissionen und die in Kapitel 7.5 genannten weiteren Maßnahmen dürften sich die Schätzwerte der PM₁₀-Belastung für 2005, wie in Tabelle 23 gezeigt, darstellen – eine „normale“ Häufigkeit von austauscharmen Hochdruckwetterlagen vorausgesetzt.

Tabelle 23: Schätzwerte der PM₁₀-Belastung für 2005

Stationsname	Messwerte für 2002		Schätzwerte für 2005	
	Jahresmittel [µg/m ³]	Tagesmittel > 50 Anzahl	Jahresmittel [µg/m ³]	Tagesmittel > 50 Anzahl
Darmstadt	28	31	25	12
Darmstadt-Hügelstraße	40	85	37	35
Frankfurt am Main- Friedberger Ldstr.	43	100	33	34
Frankfurt am Main-Höchst	30	33	29	33
Frankfurt am Main-Ost	31	44	29	28
Hanau	33	40	27	13

Stationsname	Messwerte für 2002		Schätzwerte für 2005	
	Jahresmittel [µg/m ³]	Tagesmittel > 50 Anzahl	Jahresmittel [µg/m ³]	Tagesmittel > 50 Anzahl
Offenbach	27	27	26	13
Raunheim	26	22	24	11
Wiesbaden-Ringkirche	27	20	25	13
Wiesbaden-Süd	29	35	25	13
Riedstadt	30	30	22	12

7.5 Zusätzliche Maßnahmen zur Einhaltung des Grenzwertes

7.5.1 Allgemeine Maßnahmen

Wie bereits vorstehend ausgeführt, sind zur kurzfristigen Einhaltung der Immissionsgrenzwerte überwiegend verkehrliche Maßnahmen zu ergreifen, die durch fahrzeugtechnischen Emissionsminderungsmaßnahmen auf Ebene des Bundes (rasche Einführung der Pflicht von Partikel- und DeNO_x-Filtern) und der EU (Verkürzung des Einführungszeitraumes für verschärfte Abgasstandards bei allen Fahrzeugen – Euro 5, Euro 6, EEV) zu begleiten sind:

- Aus- und Nachrüstung kommunaler Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern bis spätestens Dezember 2007;
- aktive Beteiligung an den Aus- und Nachrüstprogrammen der DB AG für Dieselloks „Green Rail“ im regionalen Verkehr; Anschluss der Unternehmen der Hessischen Landesbahnen AG (FKE, Taunusbahn, VECTUS usw.) an diese Programme;
- Ableitung des Schwerlastverkehrs – insbesondere des Durchgangsverkehrs – aus den empfindlichen Bereichen der Innenstädte Frankfurt am Main, Darmstadt (Hügelstraße) und Wiesbaden (Kaiser-Friedrich-Ring, Bismarckring) (zum Teil in Verbindung mit Absprachen und Nachtfahrverboten);
- Maßnahmenbündel aus Pfortnerampeln (die Stadt Frankfurt am Main führt zur Zeit eine Untersuchung der Reduzierung des Verkehrs durch den verstärkten Einsatz von Pfortnerampeln und ihre Auswirkung auf die Immissionsituation durch), Verstärkung des ÖPNV und Park&Ride-Anlagen;
- Ausbau von Straßenbahnlinien und Einrichtung weiterer Pendlerparkplätze;
- Vorgabe besonders emissionsarmer Antriebsarten bei der Bestellung neuer Verkehrsleistungen durch die ÖPNV-Anbieter;
- Verbesserung des ÖPNV-Angebotes und günstige Tarifangebote für Familien und Gruppen im Vergleich zum Pkw;
- Ausweitung des Tarifgebietes und Verbesserung der Tarifangebote;
- Verbesserung der Zeitkartenangebote für Teilzeitbeschäftigte;
- Schaffung günstigerer Tarife für Jugendliche und junge Erwachsene ab 14 Jahre bis etwa 26 Jahre;
- Überprüfung der P&R-Parkgebühren in der Region auf Interessenkollision bzw. Kontraproduktivität;

- Förderung des Radverkehrs und Ausbau von Radwegen (Regionales Radroutennetz Rhein-Main) durch spezielle Programme, z. B. „Bike + Business“;
- Ausbau der kombinierten Verkehrsform „Bike + Ride“.

Zur beschleunigten Durchführung der notwendigen Maßnahmen hat Hessen gemeinsam mit den Ländern Baden-Württemberg und Bayern einen Entschließungsantrag zur Feinstaub-Reduzierung in den Bundesrat eingebracht (Drucksache 284/05). Hiernach wird die Bundesregierung aufgefordert:

- schnellstmöglich die rechtlichen Voraussetzungen für die amtliche Kennzeichnung von Fahrzeugen mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung im Sinne einer pragmatischen Umsetzung von Benutzervorteilen im Rahmen der Luftreinhalteplanung zu schaffen;
- dringend einen aufkommensneutralen Vorschlag für eine stärkere Mautspreizung zu Gunsten abgasarmer Diesel-Lastkraftwagen nach EURO 5 vorzulegen;
- unverzüglich ein Konzept für ein aufkommensneutrales Förderprogramm zur beschleunigten Aus- und Nachrüstung von Diesel-Fahrzeugen mit Partikelfiltern vorzulegen;
- bei der Europäischen Union mit Nachdruck darauf hinzuwirken, dass die EURO-5-Abgasnorm bis zum 1. Januar 2006 rechtsverbindlich festgelegt wird und schnellstmöglich europaweit in Kraft tritt;
- umgehend mit den Ländern die notwendigen Entscheidungen zur Reduzierung der Feinstaub-Emissionen aus Diesel-Fahrzeugen zu treffen und umzusetzen. Es ist nicht vertretbar, die Kommunen bei der Lösung der Fragen mit ihren begrenzten Regelungsmöglichkeiten alleine zu lassen.

7.5.2 Maßnahmen der Kommunen

In den betroffenen Großstädten wird eine Reihe weiterer vorgesehener bzw. seit 2003 umgesetzter Maßnahmen zur weiteren Reduzierung der Emissionsbelastung beitragen.

Stadt Frankfurt am Main

Die verkehrsbezogenen Maßnahmen, die einen Beitrag zur Luftreinhaltung in den letzten zwei Jahrzehnten geleistet haben, sind den folgenden Handlungsfeldern zuzuordnen:

- A. Verkehrsaufwand vermeiden**
- B. Verkehr modal verlagern**
- C. Verkehr verträglich abwickeln**
- D. Verschiedenes.**

A. Verkehrsaufwand vermeiden

- Wohn- und Mischflächenentwicklung im Stadtgebiet (z. B. Silo-Gebiet, Siemensstadt Rödelheim, Frankfurter Berg, Bonames Ost),

- Programm „Stadt der kurzen Wege“, Stärkung der Innenstädte
- Nutzungsmischungen (Einzelhandels-, Versorgungs- und Dienstleistungseinrichtungen),
- Lkw-Bündelverkehre (Hauslieferung usw.),
- Verlagerung des Großmarktes innerhalb des Stadtgebietes,
- Förderung der Selbständigkeit von Kindern im Verkehr (mit flankierenden Maßnahmen).

B. Verkehr modal verlagern auf verträgliche Verkehrsmittel des Umweltverbundes (zu Fuß, zu Rad und per Bus und Bahn) für Personen und Güter

Priorisierte Flächenentwicklung im Bereich des ÖPNV und des SPNV (Schienenpersonennahverkehr):

Entwicklung des Fernbahnknotens Frankfurt, z. B.:

- Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar³,
- Neubaustrecke/Ausbaustrecke Main – Kinzig – Fulda⁴,
- Ausbau Vorfeld Hauptbahnhof,
- Ausbau Knoten Sportfeld.

Regionalbahn:

- U. a. Durchbindung aller Kurse der Frankfurt-Königsteiner Eisenbahn (FKE, K-Bahn) bis Hauptbahnhof zum Fahrplanwechsel Dez. 2003.

S-Bahn:

- Inbetriebnahme der Rodgau-S-Bahn (S1 Rödermark, Ober-Roden, Dietzenbach) zum Fahrplanwechsel Dez. 2003,
- Mehrgleisiger Ausbau für S6 zwischen Frankfurt/West – Bad Vilbel (–Friedberg),
- Geplante S-Bahn oder Mehrsystembahn im nordmainischen Korridor Frankfurt – Hanau,
- Kapazitätserweiterung S-Bahn-Stammstrecke von 22 auf 24 Züge je Stunde und Richtung (Innenstadttunnel),
- Neuer Haltepunkt Zeilsheim – Linie S2,
- Neuer Haltepunkt Ginnheim – Linie S6,
- Anbindung des Flughafenterminals 3 an den Bahnhof Zeppelinheim, ggf. mittels „People Mover“.

³ Derzeit (10/2004) von der DB AG zurückgestellt.

⁴ Derzeit (10/2004) von der DB AG zurückgestellt.

Stadtbahn:

- Bau der Stadtbahnstrecke zum Riedberg – Linie U4 und U1/U8,
- Bau der Stadtbahnstrecke in das Europaviertel – Linie U5,
- Verlängerung der U5 von Preungesheim zur S-Bahn-Station Frankfurter Berg,
- Geplante Stadtbahn oder Mehrsystembahn im nordmainischen Korridor zwischen Ostbahnhof und Hanau.

Straßenbahn:

- Straßenbahnlinie 17 zum Rebstock zum Fahrplanwechsel Dez. 2003,
- Geplante Straßenbahn nach Preungesheim (Frankfurter Bogen),
- Geplante Streckenverlegung in Schwanheim (Aufgabe der Randlage).

Radverkehr:

- Komplettierung des Routensystems,
- Anbindung an die Nachbarkommunen,
- weitere Öffnung von Einbahnstraßen für Radverkehr in Gegenrichtung in Tempo-30-Zonen,
- Direkte Wegeföhrung,
- Verbesserung an Knotenpunkten,
- Bau von B+R-Anlagen zur Verknüpfung von Fahrradfahren und ÖPNV zur Erweiterung des Einzugsbereiches der Haltestellen, besonders in Außenbereichen,
- Projekt Umweltentlastung durch mehr Radverkehr – Begleitung nationaler Radverkehrsplan.

Fußgängerverkehr:

- fußgängerfreundliche Lichtsignalschaltungen (Reduzierung von Wartezeiten für Fußgänger an Lichtsignalanlagen, Verlängerung der Fußgängerphasen),
- direkte und oberirdische Wegeföhrung,
- Förderung einer kinderfreundlichen, selbständigkeitsfördernde Verkehrskultur.

Wirtschaftsverkehr:

- Weiterentwicklung der Logistikschwerpunkte zu Güterverkehrszentren,
- Trimodal-Port im Industriepark Höchst als Teil des GVZ-Güterverteilungszentrum Rhein-Main West (in Betrieb),
- Container-Terminal und Osthafen als GVZ Frankfurt Ost,
- Cargo-City Flughafen,
- Ausweisung von Lieferzonen.

Parkraumbewirtschaftung:

- sukzessive weitere Einrichtung von Bewohnerparkgebieten,
- Reduzierung der Straßenkapazität beim fließenden Verkehr (u. a. auch durch Tempo-30-Zonen, Verkehrsberuhigung).
- flächenhafte Bewirtschaftung des öffentlichen Parkraumangebotes.

C. Verkehr verträglich abwickeln

Bündelung des notwendigen Kraftfahrzeugverkehrs auf einem leistungsfähigen und umfeldverträglichen Hauptverkehrsstraßennetz:

- Lückenschluss A66 (Riederwaldtunnel),
- AS Nieder Eschbach mit Ortsumgehung Nieder Eschbach,
- AS Heddernheim und Ausbau Marie-Curie-Straße,
- Südumgehung Höchst (Verl. Leunastraße),
- Westumgehung Unterliederbach,
- Randstraße Bonames,
- Vollanschluss AS Niederrad.

Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV):

- weitere Umsetzung der ÖPNV-Beschleunigung bei Bus und Bahn (Restast Straßenbahnlinie 21, Restast Straßenbahnlinie 11, Linie U5 usw.),
- Einsatz bedarfsgesteuerter Betriebsformen (z. B. AST – Anrufsammeltaxi, Rufbus),
- Optimierung von Netz- und Fahrplänen (z. B. Einführung des ITF – Integralen Taktfahrplans),
- Verbesserung des Zugangs- und Beförderungskomforts (z. B. niederfluriger Ausbau von Bus- und Straßenbahnhaltestellen),
- Einführung des Standes der Emissionsminderung- bzw. Abgasreinigungstechnik bei laufenden Ausschreibungen der Busverkehrsleistungen; ggf. ist auch die Einführung von Erdgasbussen vorgesehen,
- Verbesserung der Fahrgastinformation (z. B. Installation DFI – Dynamische Fahrgast-Information an den Haltestellen),
- Elektronische Fahrt- und Preisauskunft,
- Differenzierung und Vereinfachung des Tarifs (z. B. Einführung des Schülertickets ab Schuljahr 2004/2005 und des 9-Uhr-Fahrscheins⁵ zum 12.12.2004),
- Verstärkung des Marketing (z. B. derzeit laufende Marketingaktion von traffiQ),
- Mobilitätsberatung (z. B. in Unternehmen),
- Mobilitätserziehung (z. B. in Kindergärten und Schulen),

⁵ Gegenüber dem Einzelfahrschein verbilligtes Ticket ab 9:00 Uhr.

- Car-Sharing (z. B. stattmobil),
- „Call a Bike“ (z. B. der DB AG).

Motorisierter Individualverkehr (MIV):

- Planung und Installation von verkehrsabhängigen Steuerungsprogrammen für Lichtsignalanlagen,
- Überprüfung der Lichtsignalsteuerung im Netz (Grüne Wellen-Koordinierung),
- Förderung des kombinierten Verkehrs: Erweiterung des dynamischen Parkleitsystems der Stadt Frankfurt am Main um drei P&R-Parkplätze (P&R-Plätze Kalbach und Preungesheim sowie P&R-Parkhaus Borsigallee),
- Richtungswechselbetrieb,
- Wechselwegweisung,
- LKW-Vorrangnetz.

Verkehrsmanagementmaßnahmen:

- Verbesserung der Verkehrsinformation (Präsentation von Verkehrsinformationen in Videotext und Internet),
- Inbetriebnahme der Integrierten Gesamtverkehrsleitzentrale (IGLZ) zur Verbesserung des Verkehrsablaufs,
- Aufstellung von 18 frei programmierbaren Verkehrsinformationstafeln, auf denen z. B. auch auf die Schadstoffbelastung hingewiesen werden kann oder Umsteigeempfehlungen gegeben werden können,
- Einrichtung eines "Pendlernetzes" (Internetplattform zur Vermittlung von Fahrgemeinschaften in der Rhein-Main-Region) durch die ivm-Vorbereitungsgesellschaft.

Im Rahmen der aktuellen Erstellung des Gesamtverkehrsplans für die Stadt Frankfurt am Main wird die Emissionsminderung beim Kfz-Verkehr zur Einhaltung der Luftqualitätsgrenzwerte berücksichtigt. Der Gesamtverkehrsplan wird in diesem Zusammenhang weitere Maßnahmen beinhalten, die einen Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität in Frankfurt am Main leisten.

D. Verschiedenes

- Verschiedene Formen einer verstärkten Öffentlichkeitsarbeit (Info-Kampagne, Appelle usw.),
- Instandsetzung von schadhafte Fahrbahnoberflächen, insbesondere bei Grundnetzstraßen.

Stadt Darmstadt:

- Nachverdichtung von Wohnbauflächen im Innenbereich,
- Weiterer Ausbau des ÖPNV, z. B. zweigleisiger Ausbau der Straßenbahnlinie nach Arheilgen mit Errichtung eines Pendlerparkplatzes an der Endschleife, d. h. außerhalb der Bebauung,

- Neubau der Nord-Ost-Umgehung, Ausbau Carl-Schenck-Ring, Neubau West-Umgehung,
- Nachtfahrverbot für Lkw, weiträumige Verlagerung des Lkw-Verkehrs aus der Innenstadt um Verlagerungseffekte in Nachbarstädte (z. B. Griesheim) zu vermeiden,
- weitere Optimierung des Verkehrsflusses,
- Minderung der Ausbreitung der Staubpartikel durch gestalterische Maßnahmen in der Hugelstrae,
- Förderung des Einbaus von Rupartikelfiltern bei städtischen Fahrzeugen,
- Neuanschaffung städtischer Diesel-Pkw nur mit Rupartikelfilter (oder alternativ: Beschaffung von Erdgas-Ottomotor-Fahrzeugen),
- Betankung der Müllfahrzeuge und Schulbusse teilweise mit Biodiesel,
- ÖPNV-Bereich: Einführung der EEV-Norm als Qualitätsstandard ab 01.01.2005 bei Ausschreibungen,
- weiterer Ausbau und Qualitätsverbesserung eines durchgehenden Radwegenetzes,
- Förderung von Fahrgemeinschaften,
- Prüfung eines Behörden-Car-Sharing,
- Prüfung der Machbarkeit eines Guterverteilungszentrums zur Entlastung des innerstädtischen Verkehrs,
- Verkürzung der Kehrintervalle in der Hugelstrae sowie regelmaige Nassreinigung durch den Eigenbetrieb Abfallwirtschaft Darmstadt, um das Aufwirbeln und Aufsteigen von Staub auf ein möglichst geringes Ma zu beschränken,
- Informationskampagnen zur Beeinflussung des Fahrverhaltens und der Investitionsentscheidungen.

Stadt Wiesbaden:

- Nachtfahrverbot für Lkw, Prüfung der Wirksamkeit und Umsetzbarkeit einer Verlagerung des Lkw-Verkehrs aus der Innenstadt,
- Ausbau eines qualitätsgesicherten, durchgehenden Radwegenetzes,
- weitere Optimierung des Verkehrsflusses (Pfortnerampel),
- Neuanschaffung städtischer Diesel-Pkw nur mit Rupartikelfilter oder alternativ: Beschaffung von Erdgas-Ottomotor-Fahrzeugen (Euro 5 oder besser),
- Förderung des nachträglichen Einbaus von Rupartikelfiltern bei städtischen Fahrzeugen (Vorhandensein von Rupartikelfiltern wird verlangt),
- ÖPNV-Bereich: Einführung der EEV-Norm bzw. Euro 5 mit obligatorischen DPF als Qualitätsstandard ab 01.01.2005 bei Ausschreibungen; bei Altbestand: mindestens Euro 3 mit obligatorischen DPF-Nachrüstung (Ziel: mindestens Euro 4),
- Förderung von Fahrgemeinschaften,

- Prüfung der Machbarkeit eines Güterverteilungszentrums zur Entlastung des innerstädtischen Verkehrs,
- Prüfung eines Behörden-Car-Sharing.

Für den Bereich außerhalb der drei oben aufgeführten Kommunen gilt:

- der Ausbau gebührenfreier Park-und-Ride-Parkplätze im Umland,
- der Ausbau des S-Bahn-Netzes sowie
- die Berücksichtigung der Emissionsminderung bei der Erstellung der regionalen Verkehrsplanung.

Generell sind für den Ballungsraum Rhein-Main weitere langfristig geplante Maßnahmen erforderlich, die zur dauerhaften Einhaltung der Immissionsgrenzwerte beitragen. Zu nennen ist hier aus dem Bereich der Gebäudeheizung der weitere Ausbau der Fernwärmenetze und die Umstellung der Heizungsanlagen von Erdöl auf Gas (mit NO_x-armen Brennern).

Stadt Offenbach:

- Abstimmung regionaler Maßnahmen mit den benachbarten Kommunen, um Verdrängungseffekte vorzubeugen,
- Eigenbeitrag (ÖPNV, Radwegförderung, schadstoffarme Busse/Fahrzeuge allgemein, Verkehrsmanagement-Planung).

Stadt Neu-Isenburg:

- Einführung von Pfortnerampeln,
- Herausnahme des Schwerlast-Durchgangsverkehrs aus der Friedhofstraße,
- Aufhebung der BAB-3-Umleitungen U56 und U69.

Stadt Hanau:

- Bei allen Planungen werden verkehrs- und immissionsrelevante Auswirkungen geprüft,
- Innenstadt-Verkehrskonzept mit Verkehrsausdünnung und Unterbrechung des Verkehrs (Fußgängerzone),
- Fahrzeugtechnische Emissionsminderungsmaßnahmen an der städtischen Fahrzeugflotte.

Stadt Griesheim:

- Förderung der frühzeitigen Einführung des verfügbaren Standes der Emissionsminderung-/vermeidungstechnik (DPF, Erdgas, EEV),
- Umleitungen und partielle Verbote rechtzeitig,
- Verlagerungseffekte aus Nachbarstädte vorbeugen.

8 Zusammenfassung

Die Messungen der Immissionsbelastung im Ballungsraum Rhein-Main haben für Stickstoffdioxid (NO₂) an drei Stationen Überschreitungen des für 2002 geltenden Immissionsgrenzwertes „Jahr“ aufgezeigt. An einer dieser Stationen ist auch der Immissionsgrenzwert „Tag“ für PM₁₀ (Feinstaub aus Partikeln kleiner 10 µm Durchmesser) – definiert als 35 zulässige Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes von 50 µg PM₁₀/m³ – überschritten worden.

Daraus folgt, dass für den Ballungsraum Rhein-Main ein Luftreinhalteplan zu erstellen ist, der eine Verbesserung der Luftqualität insbesondere für diese drei Bereiche bewirkt. Angesichts der besonderen meteorologischen, wirtschaftlichen und verkehrlichen Situation in der Region wurde ein Luftreinhalteplan entwickelt, der sowohl der Gesamtbelastung der Luft im Bereich der Messstationen als auch dem hohen städtischen Hintergrund im gesamten Gebiet Rechnung trägt und darüber hinaus für die Bereiche mit erhöhter Belastung Geltung haben soll.

Die Analyse der Emissionen – basierend auf dem Emissionskataster 2000 – zeigt, dass zu dieser Belastung, insbesondere bei NO_x, überwiegend der Verkehr beiträgt. Aufgrund einer feineren Analyse der Einflussfaktoren beim Verkehr (z. B. Modal-split, Bestand an Dieselfahrzeugen, vor allem an schweren Nutzfahrzeugen und Bussen) konnte nachgewiesen werden, dass der Verkehr zu erheblichen Emissionsanteilen zu der Hintergrundbelastung in dem Gebiet und speziell auch an den Verkehrsmessstationen beiträgt. Auch die zyklischen Immissionsbelastungen zeigen in Verbindung mit den ausgewerteten Wochengängen des Verkehrs und dessen Emissionen, dass der Verkehr für die erhöhten Belastungen an den Verkehrsmessstationen weitgehend ursächlich ist.

Die weitere Analyse der Hintergrundbelastung durch Einträge von außerhalb des Ballungsraumes (Advektion) macht deutlich, dass diese Beiträge bei NO_x nur relativ gering sind, dagegen bei PM₁₀ einen höheren Anteil ausmachen, ohne dass dabei konkrete Emittenten für diese Ferneinträge festgestellt werden können.

Ein Luftreinhalteplan kann deshalb überwiegend nur die Verbesserungen im Verkehrsbereich als zielführend betrachten. Die Anteile der übrigen Quellbereiche Industrie, Hausbrand sowie Flug- und Schiffsverkehr sind an den Punkten der erhöhten Belastung nicht von hoher Relevanz und würden bei entsprechenden Minderungen nur marginal beitragen.

Aus diesem Grunde sind Maßnahmen sowohl bei den technischen Ausrüstungen für Fahrzeuge (insbesondere schwere Nutzfahrzeuge, Busse und sonstige Dieselfahrzeuge) sowie durch verkehrliche Maßnahmen (Verlagerung von Verkehr, Umleitung von Verkehr, Vermeidung von Verkehr) für diese Bereiche beschrieben worden. Das Ziel dieser Maßnahmen ist es, die Luftqualität in den Straßen, in denen derzeit Immissionsgrenzwerte überschritten oder erhöhte Immissionsbelastungen zu vermuten sind, so zu verbessern, dass die Grenzwerte sicher eingehalten werden. Wegen der weiträumig erhöhten regionalen Hintergrundbelastung an PM₁₀ und NO_x für den gesamten Ballungsraum ist dieses Ziel jedoch nur über die Strategie einer weiträumigen Emissionsminderung an Fahrzeugen zu erreichen. Kommunale Maßnahmen können die Emissionsminderungsmaßnahmen verstärkend begleiten und somit vielfach zur Senkung der Immissionsbelastung beitragen.

Es ist nicht vorrangiges Ziel der Luftreinhalteplanung, den Verkehr zu mindern, sondern durch wirksame emissionsmindernde Maßnahmen am Kraftfahrzeugbestand, durch die Steuerung des Verkehrsflusses und durch das Angebot überzeugender Alternativen zum motorisierten Individualverkehr die geforderten Luftqualitätsziele zu erreichen.

Die realisierbaren Minderungspotentiale bis zum Jahre 2010 für NO₂ bzw. für PM₁₀ bis 2005 lassen erwarten, dass es auf Grund der Minderung der Verkehrsemissionen sowie bei den Emissionen im Bereich der Industrie und der Gebäudeheizung (bei NO_x etwa 35 % und bei PM₁₀ 10 %) zu einer erheblichen Senkung der Luftbelastung in der Region kommt.

Zusammen mit den Minderungsmaßnahmen an den Orten der höchsten Belastung wird davon ausgegangen, dass die Immissionsgrenzwerte 2005 und 2010 eingehalten werden.

Die Ergebnisse dieser Prognosen und Berechnungen sind allerdings sehr stark von den Witterungsverläufen abhängig. Durch extreme Ereignisse oder Veränderungen der Verdünnungs-, Ausbreitungs- und Transportbedingungen für Luftschadstoffe sind erhebliche Abweichungen im Konzentrationsverlauf nach oben (mit steigender Wahrscheinlichkeit der Überschreitung der Grenzwerte) oder auch nach unten möglich, die im Rahmen der vorliegenden Analysen nicht abgeschätzt werden können.

Für die dauerhafte Einhaltung der Immissionsgrenzwerte sind über die vorgenannten Maßnahmen hinaus noch weitergehende Maßnahmen, insbesondere im Bereich fahrzeugtechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung, erforderlich.

Anhang 1: Standorte der Immissionsmessstationen mit Grenzwertüberschreitungen

Abbildung 1 (Hauptteil) zeigt eine Karte des Ballungsraumes Rhein-Main, in der die Standorte aller Immissionsmessstationen im Ballungsraum markiert sind. Ergänzend sind in Tabelle 24 die Standortkoordinaten (RW/HW: Rechts-, Hochwert) und eine Standortcharakteristik der Messstationen in Stichworten zusammengestellt; Tabelle 25 enthält die Informationen zur Geräteausstattung der Stationen im Bezugsjahr. In Karten der Innenstädte von Darmstadt (Abbildung 26), Frankfurt am Main (Abbildung 27) und Wiesbaden (Abbildung 28) ist jeweils der Standort der verkehrsbezogenen Immissionsmessstation eingetragen.

Tabelle 24: Daten der Stationen im Ballungsraum Rhein-Main (Stand 2002)

Stationsname	RW	HW	H.ü. NN	Längen- grad	Breitengrad	Standortcharakter
Darmstadt	34760	55262	140	8°39'55,4"	49°52'23,3"	Innenstadt, Wohnbezirk
Darmstadt-Hügelstr.	34752	55259	140	8°39'16,7"	49°52'13,5"	Innenstadt, Straßenschlucht
F-Friedberger Ldstr.	34781	55543	100	8°41'34,8"	50°07'32,4"	Innenstadt, Straßenschlucht
Frankfurt(M)-Höchst	34672	55518	100	8°32'31,8"	50°06'10,5"	Innenstadt, Industrie
Frankfurt(M)-Ost	34820	55544	101	8°44'54,9"	50°07'36,9"	Stadtrand, Industrie, verkehrsnah
Hanau	34942	55554	110	8°55'09,2"	50°08'10,1"	Innenstadt, verkehrsnah
Königstein	34599	55627	520	8°26'16,6"	50°12'01,6"	Waldgebiet, Nähe zu Ballungsraum
Offenbach	34830	55518	105	8°45'43,9"	50°06'12,0"	Innenstadt, Mischgebiet
Raunheim	34607	55417	91	8°27'09,7"	50°00'39,7"	Innenstadt, Wohnbezirk
Riedstadt	34652	55211	90	8°31'01,2"	49°49'34,7"	ländlich
Wi-Ringkirche	34450	55493	120	8°13'53,5"	50°04'42,0"	Innenstadt, Straßenkreuzung
Wi-Süd	34460	55463	130	8°14'45,3"	50°03'06,1"	Stadtrand, Wohnbezirk, industrienah

Tabelle 25: Geräteausstattung der Luftmessstationen (Stand 2002)

(Die Jahreszahlen geben das Jahr des Messbeginns bei der jeweiligen Komponente an)

Stationsname	SO ₂	CO	NO	NO ₂	C _n H _m	BTX	O ₃	PM ₁₀	WR	WG	Temp	rF	LD	GS
Darmstadt	77	77	77	77			84	00	02	02	02	02	02	
Darmstadt-Hügelstr.		93	93	93		99		00						
F-Friedberger Ldstr.		93	93	93		96		01						
Frankfurt(M)-Höchst	79	79	79	79	81		84	00						
Frankfurt(M)-Ost	84		84	84	84		84	00	84	84	84	84	99	
Hanau	76	76	77	77			92	00	83	83	78	78		
Königstein	83		83	83			83		83	83	83	83		84
Offenbach	77	77	81	81			92	00	02	02	02	02		
Raunheim	76	76	79	79			82	00	81	81	79	79		
Riedstadt	96		96	96	96		96	00	96	96	96	96		96
Wi-Ringkirche		91	91	91		94		00						
Wi-Süd	76	76	76	76		00	81	00	82	82	84	84	01	

Abkürzungen:

C_nH_m: Kohlenwasserstoffe ohne Methan; BTX: Benzol, Toluol, m-/p-Xylol; PM₁₀: Partikel (Particulate Matter) kleiner 10 µm (Feinstaub 10 µm, in den Vorjahren wurde Schwebstaub als Gesamtstaub gemessen); WR: Windrichtung; WG: Windgeschwindigkeit; Temp:

Temperatur;

rF: relative Luftfeuchte; LD: Luftdruck; GS: Globalstrahlung; F: Stadt Frankfurt am Main; H.ü.NN: Höhe über Normal-Null.

Tabelle 26: Angaben zu den Messstationen, an denen ein Immissionsgrenzwert für NO₂ bzw. PM₁₀ überschritten ist

Staat: **Bundesrepublik Deutschland**
 Bundesland: **Hessen**
 Ballungsraum: **Rhein-Main** (Karte: siehe Abbildung 1 im Hauptteil)

Messstationen mit Immissionsgrenzwertüberschreitung:

Komponente: NO ₂		Kenngroße:		
Station	EU-Kode	Jahresmittelwert	Karte	Koordinaten
Darmstadt-Hügelstraße	DEHE040	67 µg/m ³	Abbildung 26	Tabelle 24
Frankfurt(M)-Friedberger Landstraße	DEHE041	65 µg/m ³	Abbildung 27	Tabelle 24
Wiesbaden-Ringkirche	DEHE037	58 µg/m ³	Abbildung 28	Tabelle 24
Komponente: PM ₁₀		Kenngroße:		
Station	EU-Kode	Tagesmittelwert ¹⁾	Karte	Koordinaten:
Frankfurt(M)-Friedberger Landstraße	DEHE041	49 Fälle	Abbildung 27	Tabelle 24

¹⁾ Zahl der Überschreitungen über den Schwellenwert 65 µg/m³ (zulässig in 35 Fällen)

Abbildung 26: Verkehrsbezogene Messstation Darmstadt-Hügelstraße

DTV-Wert: ca. 20.000 Fz./24h



Bei den drei Immissionsmessstationen mit Immissionsgrenzwertüberschreitung handelt es sich um die drei verkehrsbezogenen Messstationen im Ballungsraum Rhein-Main. Die Standorte dieser Stationen wurden so gewählt, dass unter Berücksichtigung von Vorkenntnissen und in Abstimmung mit Vertretern der jeweiligen Stadt Straßen maximaler Verkehrsdichte und möglichst geschlossener Randbebauung ausgesucht wurden; daher sind diese Standorte für den Bereich maximaler Immissionsbelastung im Straßenraum im Bereich der jeweiligen Stadt repräsentativ.

Abbildung 27: Verkehrsbezogene Messstation Frankfurt-Friedberger Landstraße

DTV-Wert: ca. 32.000 Fz./24h



Abbildung 28: Verkehrsbezogene Messstation Wiesbaden-Ringkirche

DTV-Wert: ca. 33.800 Fz./24h



Anhang 2: Zuständige Behörden

1. Regelung der Zuständigkeit

Nach § 5 der Hessischen Zuständigkeitsverordnung für den Immissionsschutz ist das Hessische Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz zuständige Behörde für die Erstellung der Luftreinhaltepläne nach § 47 BImSchG [1]. Da bei der Umsetzung von Maßnahmen neben dem Immissionsschutzrecht (BImSchG) auch Straßenverkehrsrecht und Planungsrecht erheblichen Einfluss auf die erforderlichen Maßnahmen haben, sind die zuständigen Behörden dieses Bereiches zu beteiligen. Darüber hinaus sind die Kommunen als Träger der Planung und auch, soweit sie Zuständigkeiten im Bereich Straßenverkehr haben, in die Entwicklung des Luftreinhalteplanes einzubeziehen.

Deshalb wurde frühzeitig eine interministerielle Arbeitsgruppe „Luftreinhalteplanung“ unter Einbeziehung der kommunalen Vertreter von Planungsverbänden eingerichtet.

2. Zusammensetzung der Arbeitsgruppe

Zuständige Behörde:

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden

Beteiligte Behörden:

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen
Wilhelmstraße 10
65183 Wiesbaden

Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung IV
Abteilung Umwelt Darmstadt,
Wilhelminenstraße 1 – 3
64283 Darmstadt
Abteilung Umwelt Frankfurt,
Gutleutstraße 114
60327 Frankfurt
Abteilung Umwelt Hanau,
Willy-Brandt-Straße 23
63450 Hanau
Abteilung Umwelt Wiesbaden,

Lessingstraße 16 – 18
65189 Wiesbaden

Planungsverband Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main
Am Hauptbahnhof 18
60329 Frankfurt am Main

Stadt Darmstadt
Postfach 111061
64225 Darmstadt

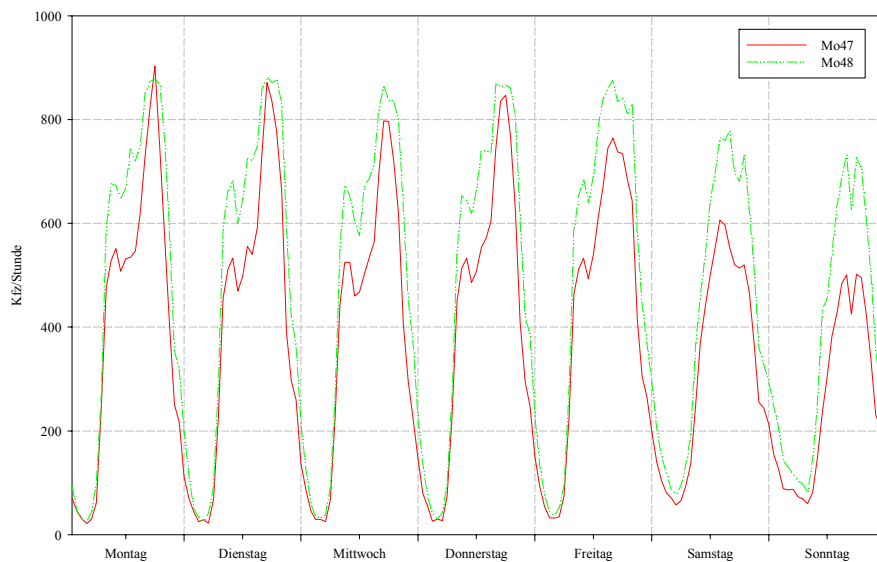
Stadt Frankfurt am Main
60275 Frankfurt am Main

Stadt Wiesbaden
Gustav-Stresemann-Ring 15
65189 Wiesbaden

Stadt Offenbach
Berliner Straße 100
63061 Offenbach

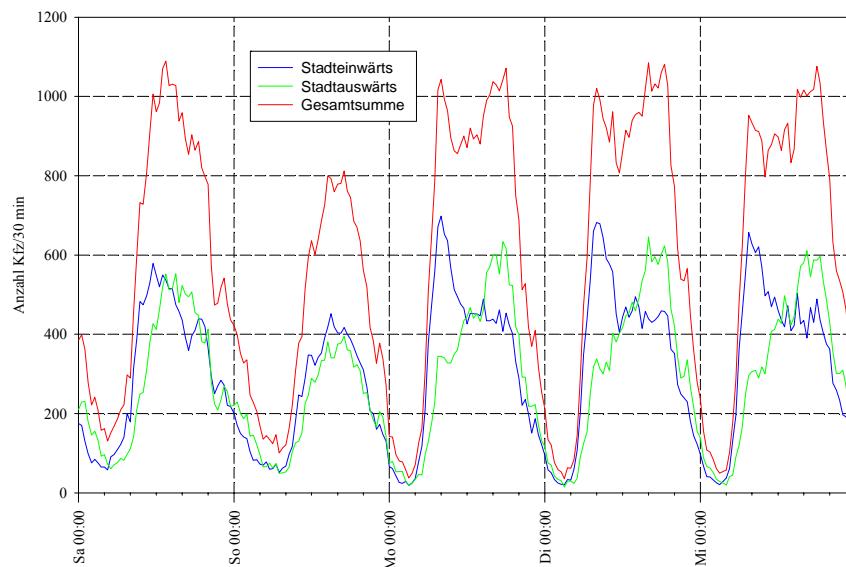
Anhang 3: Beispiele für den mittleren Wochengang des Verkehrs

Abbildung 29: Mittlerer Wochengang des Verkehrs in Wiesbaden, Rheinstraße, vom 15.03.2004 bis 28.03.2004 (Messpunkt 47 und 48)

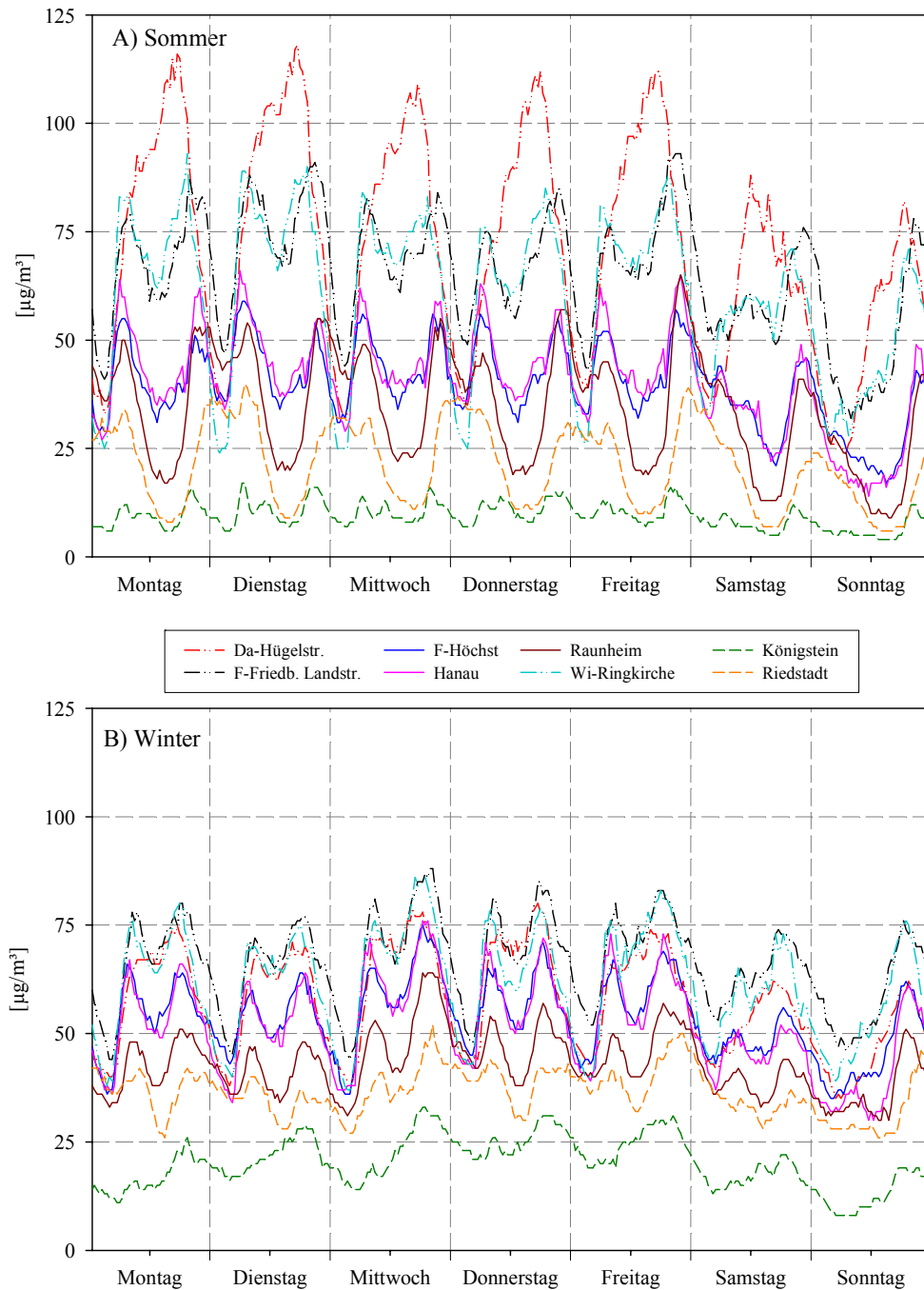


Quelle: Stadt Wiesbaden, 2004

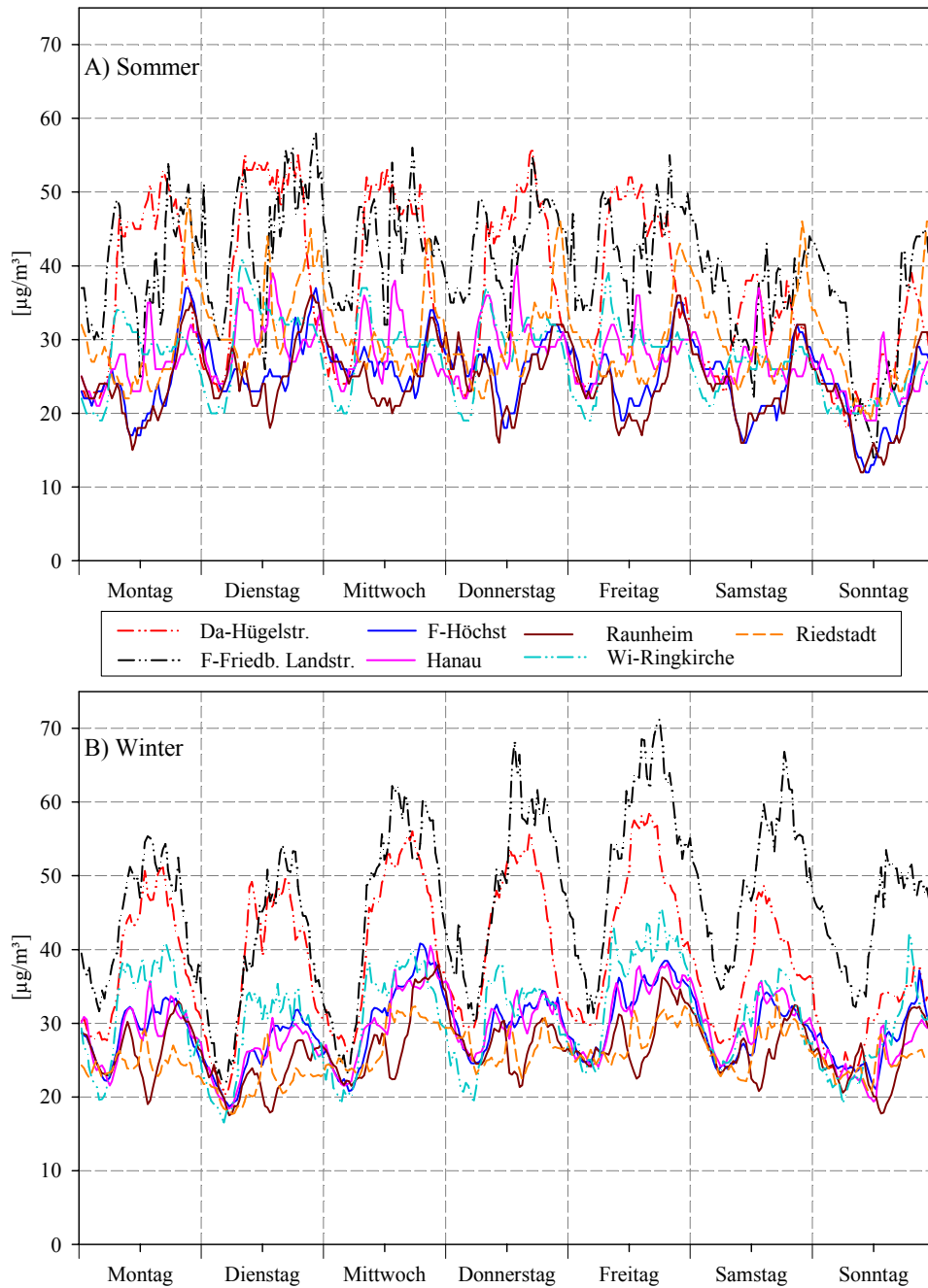
Abbildung 30: Wochentagsverteilung der Verkehrsmengen in Frankfurt am Main-Friedberger Landstr. zwischen Zeißelstr. und Wielandstr. vom 07.02.2004 bis zum 11.02.2004 (Quelle: Stadt Frankfurt am Main, 2004)



Anhang 4: Mittlerer Wochengang der Stickstoffdioxid-Konzentration an acht Messstationen (Auswertezeitraum: 2000 – 2002)



Anhang 5: Mittlerer Wochengang der PM₁₀-Konzentration an sieben Messstationen für den Auswertzeitraum von 2000 bis 2002 (bei Frankfurt am Main-Friedberger Landstr.: 2001 – 2002)



Anhang 6: Pendlerbewegungen im Ballungsraum Rhein-Main [53]

Tabelle 27: Berufspendler, die im Regierungsbezirk Darmstadt wohnen und ihn zur Arbeit verlassen (Stichtag: 30.06.2002)

Wohnort	Arbeitsplatz in		
	RP Gießen	RP Kassel	andere Bundesländer
Darmstadt (Stadt)	111	56	3.019
Frankfurt am Main (Stadt)	987	314	11.506
Offenbach (Stadt)	96	54	1.822
Wiesbaden (Stadt)	316	63	11.913
Bergstraße	90	51	33.632
Darmstadt-Dieburg	196	98	7.030
Groß-Gerau	196	56	7.907
Hochtaunuskreis	933	97	4.058
Main-Kinzig-Kreis	627	1.269	9.032
Main-Taunus-Kreis	407	88	5.475
Odenwaldkreis	63	24	3.473
Offenbach	264	160	7.119
Rheingau-Taunus-Kreis	869	54	5.698
Wetteraukreis	4.475	232	4.171

Tabelle 28: Einpendler in den Ballungsraum Rhein-Main und Nachbarkreise (Stichtag: 30.06.2002)

Wohnort	Arbeitsplatz in												
	Darmstadt (Kreisfreie Stadt)	Frankfurt (Kreisfreie Stadt)	Offenbach (Kreisfreie Stadt)	Wiesbaden (Kreisfreie Stadt)	Bergstraße	Darmstadt-Dieburg	Groß-Gerau	Hochtaunuskreis	Main-Kinzig-Kreis	Main-Taunus-Kreis	Offenbach	Rheingau-Taunus- Kreis	Wetteraukreis
Darmstadt (Stadt)	27.953	5.259	327	403	534	5.834	1.909	272	225	571	1.772	64	136
Frankfurt am Main (Stadt)	1.545	172.737	3.934	2.183	147	688	3.986	7.730	2.527	12.269	6.596	366	3.784
Offenbach (Stadt)	257	14.114	15.463	245	29	186	603	463	904	772	5.042	48	455
Wiesbaden (Stadt)	598	9.236	248	58.135	48	214	3.692	588	199	3.998	808	3.120	197
Bergstraße	4.012	2.914	134	270	43.393	2.382	1.552	144	124	351	606	43	76
Darmstadt-Dieburg	30.206	9.053	1.050	611	1.764	37.634	4.227	410	622	943	6.323	106	192
Groß-Gerau	5.751	20.798	526	2.989	709	2.450	46.189	581	258	2.745	2.570	223	258
Hochtaunus-kreis	376	24.554	597	802	43	172	768	37.035	379	5.299	1.252	288	1.984
Main-Kinzig-Kreis	446	31.149	3.873	507	76	542	896	1.428	82.645	1.538	4.801	96	4.076
Main-Taunus-Kreis	574	33.026	603	4.376	52	268	3.967	4.149	320	28.361	1.557	530	602
Odenwald-kreis	2.833	833	88	61	1.172	2.938	220	41	105	95	500	13	28
Offenbach	2.104	32.348	12.784	907	171	2.112	2.582	1.374	3.195	2.146	55.624	141	756
Rheingau-Taunus-Kreis	243	6.834	210	19.277	31	98	1.265	866	108	2.350	489	25.445	155
Wetteraukreis	391	25.679	1.136	439	49	212	549	5.495	5.295	2.154	1.560	94	48.728
Gießen	337	4.844	166	217	35	64	151	1.034	470	615	417	54	4.470
Lahn-Dill-Kreis	158	2.482	100	189	20	46	128	880	129	324	205	50	1.053
Limburg-Weilburg	145	7.710	220	2.183	25	85	636	1.745	113	1.341	370	1.699	548
Marburg-Biedenkopf	115	2.039	73	147	16	29	100	207	87	263	139	25	287
Vogelsberg-kreis	108	1.321	80	70	16	36	87	149	901	119	180	17	1.948
Kassel (Stadt)	43	583	14	91	13	14	23	33	24	51	41	8	92
Fulda	77	2.199	192	129	21	41	76	95	2.023	148	209	24	102
Hersfeld-Rotenburg	35	476	22	60	-	-	27	44	113	51	54	12	40
Kassel	46	466	20	139	8	16	25	40	37	62	56	16	112
Schwalm-Eder-Kreis	40	530	24	80	12	10	42	64	56	63	60	7	76
Waldeck-Frankenberg	32	288	17	58	-	-	14	40	21	37	41	13	35
Werra-Meißner-Kreis	15	184	12	45	7	10	26	24	38	30	36	7	28
andere Bundesländer	9.099	74.756	4.575	28.111	14.797	6.126	18.900	8.497	12.623	16.711	16.976	7.028	4.099

Anhang 7: Literaturverzeichnis

Nr. Titel

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz) – BImSchG - vom 15. März 1974 (BGBl. I. Seite 721, 1193), Neufassung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert mit Gesetz vom 09. Oktober 1996 (BGBl. I S. 1498), Neufassung vom 26. September 2002 (BGBl. I Nr. 71 vom 04.10.2002, S. 3830).
- [2] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) – TA Luft - vom 28. August 1974 (GMBL. S. 425), ersetzt durch die Neufassung vom 27. Februar 1986 (GMBL. S. 95), mit Berichtigung vom 4. April 1986 (GMBL. S. 202) - Neufassung vom 24. Juli 2002 (GMBL. Nr. 25 – 29 vom 30.7. 2002 S. 511).
- [4] Verordnung über die Belastungsgebiete nach § 44 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 5. August 1975 (GVBl. I S. 197), geändert durch Verordnung vom 21. September 1977 (GVBl. I S. 367).
- [5] Polizeiverordnung zur Verhinderung schädlicher Umwelteinwirkungen bei austauscharmen Wetterlagen (Smog-Verordnung) vom 15. Oktober 1976 (GVBl. I S. 419), geändert durch Verordnung vom 13. Jan. 1991 (GVBl. I S. 33), aufgehoben durch die Verordnung vom 17. März 1998 (GVBl. S. 62).
- [6] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen – 1. BImSchV) vom 15. Juli 1988 (BGBl. I S. 1059), Neufassung am 14.03.1997 (BGBl. I, S. 490).
- [7] Dritte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Schwefelgehalt von leichtem Heizöl und Dieselmotortreibstoff – 3. BImSchV) vom 15. Januar 1975 (BGBl. I S. 264), zuletzt geändert durch Verordnung vom 26. Sept. 1994 (BGBl. I S. 2640).
- [8] Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungsanlagen – 13. BImSchV) vom 22. Juni 1983 (BGBl. I S. 719), geändert am 23.07.2004 (BGBl. I, S. 1717).
- [9] Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe – 17. BImSchV) vom 14. März 1996 (BGBl. I S. 2545, S. 513).
- [10] Neunzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz) – 19. BImSchV vom 17.01.1992 (BGBl. I S. 75)
- [11] Zwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemission beim Umfüllen und Lagern von Ottomotortreibstoffen) – 20. BImSchV vom 07.10.1992 (BGBl. I, S. 1727).
- [12] Einundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen) – 21. BImSchV vom 07.10.1992 (BGBl. I, S. 1730).
- [13] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionsgrenzwerte – 22. BImSchV) vom 26. Oktober 1993 (BGBl. I S. 1819), Neufassung vom 11. September 2002 (BGBl. I Nr. 66 vom 17.9.2002 S. 3626), geändert am 20.07.2004 (BGBl. I, S. 1612).
- [15] Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten) – 23. BImSchV vom 16. Dezember 1996 (BGBl. I, S. 1962), aufgehoben am 20.07.2004 (BGBl. I, S. 1612).
- [16] Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen) – 33. BImSchV – vom 13. Juli 2004 (BGBl. I Nr. 36 vom 20.07.2004 S. 1612).
- [17] Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Ermittlung von Immissionen in Belastungsgebieten) – 4. BImSchVwV - vom 8. April 1975 (GMBL. S. 358).
- [18] Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Brauchwasseranlagen (Heizungsanlagen-Verordnung – HeizAnV) vom 24. Februar 1982 (BGBl. I S. 205); Neufassung vom 20. Januar 1989 (BGBl. I S. 120); novelliert mit Datum vom 22. März 1994 (BGBl. I, S. 613), aufgegangen in der Energie-Einspar-Verordnung.
- [19] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV) vom 24. Februar 1982 (BGBl. I S. 209); novelliert mit Datum 16. August 1994 (BGBl. I S. 2121), aufgegangen in der Energie-Einspar-Verordnung.

- [20] Gesetz zur Verminderung von Luftverunreinigungen durch Bleiverbindungen in Ottokraftstoffen für Kraftfahrzeugmotoren (Benzinbleigesetz – BzBIG) vom 5. August 1971 (BGBl. I S.1234, BGBl. 1994 I S. 1416; 2000 S. 1956, 2001 S. 2331, S. 2785 Art. 47)
- [21] Richtlinie 80/779/EWG des Rates vom 15. Juli 1980 über Grenzwerte und Leitwerte der Luftqualität für Schwefeldioxid und Schwebstaub. ABl. EWG: L 229 vom 10. August 1980, S. 30, zuletzt geändert durch ABl. EWG: L 377 vom 31. Dezember 1991, S. 48.
- [22] Richtlinie 82/884/EWG des Rates vom 3. Dezember 1982 betreffend einen Grenzwert für den Bleigehalt in der Luft. ABl. EWG: L 378 vom 31. Dezember 1982, S. 15, zuletzt geändert durch ABl. EWG: L 377 vom 31. Dezember 1991, S. 48.
- [23] Richtlinie 85/203/EWG des Rates vom 7. März 1985 über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid. ABl. EWG: L 087 vom 27.03.1985, S. 1, zuletzt geändert durch ABl. EWG: L 377 vom 31. Dezember 1991, S. 48.
- [24] Richtlinie 92/72/EWG: Richtlinie des Rates vom 21. September 1992 über die Luftverschmutzung durch Ozon. ABl. EWG: L 297 vom 13. Oktober 1992, S. 1.
- [25] Richtlinie 93/12/EWG des Rates vom 23. März 1993 über den Schwefelgehalt bestimmter flüssiger Brennstoffe (AbI. EWG: L 74 vom 27.03.1993, S.81).
- [26] Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (AbI. EWG: L257 vom 10.10.1996, S. 26, IVU-Richtlinie, umgesetzt mit dem Artikelgesetz v. 2001).
- [27] Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität (AbI. EWG: L 296 vom 21.11.1996, S. 25, Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie).
- [28] Richtlinie 98/70/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG des Rates (AbI. EWG: L 350 vom 28.12.1998, S. 58).
- [29] Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen (AbI. EWG: L 85 vom 29.3. 1999 S. 1).
- [30] Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (AbI. EWG: L 163 vom 29.06.1999, S. 41 – 60, 1. Tochterrichtlinie).
- [31] Richtlinie 1999/32/EG des Rates vom 26. April 1999 über eine Verringerung des Schwefelgehalts bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG (AbI. EWG: L 121 vom 11.5.1999, S.13 – 18).
- [32] Richtlinie 1999/102/EG der Kommission vom 15. Dezember 1999 zur Anpassung der Richtlinie 70/220/EWG des Rates über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt. AbI.EWG 1999 L334, 43-50
- [33] Richtlinie 2000/69/EG des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (AbI. EWG: L 313 vom 12.12.2000, S. 12 – 21, 2. Tochterrichtlinie).
- [34] Richtlinie 2001/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Januar 2001 zur Änderung der Richtlinie 70/220/EWG des Rates über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen (AbI. EWG: L 35 vom 06.02.2001).
- [35] Richtlinie 2001/27/EG der Kommission vom 10. April 2001 zur Anpassung der Richtlinie 88/77/EWG des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Selbstzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen und die Emission gasförmiger Schadstoffe aus mit Erdgas oder Flüssiggas betriebenen Fremdzündungsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen an den technischen Fortschritt (AbI. EWG: L 107 vom 18.04.2001, S. 10).
- [36] Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen (NEC) für bestimmte Luftschadstoffe (AbI. EWG: L 309 vom 27.11.2001, S. 22, sog. NEC-Richtlinie, umgesetzt mit der 33. BImSchG).
- [37] Richtlinienentwurf KOM (2003) 423 endg. über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft (4. Tochterrichtlinie).
- [38] Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft. (AbI. EWG: L 67 vom 09.03.2002 S. 14, 3. Tochterrichtlinie, umgesetzt mit der 33. BImSchV).
- [39] Lufthygienischer Jahresbericht 2002; Schriftenreihe des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie: Luftreinhaltung in Hessen, Wiesbaden 2003.

- [40] Modelluntersuchung – Beurteilung der Kfz-bedingten Luftschadstoffe in Anlehnung an die 23. BImSchV u. Beurteilung des Lärms nach § 47a BImSchG in der Stadt Wiesbaden; Abschlußbericht des TÜV Rheinland, 1996.
- [41] Luftreinhalteplan Untermain. Herausgegeben vom Hessischen Minister für Umwelt und Reaktorsicherheit, Wiesbaden, März 1988.
- [42] Luftreinhalteplan Rhein-Main – 1. Fortschreibung. Herausgegeben vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Wiesbaden, 1991.
- [43] Luftreinhalteplan Kassel, 1. Fortschreibung, Herausgegeben vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Wiesbaden, 1999.
- [44] Hessische Gemeindestatistik, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2002
- [45] Luftschadstoffmessungen in drei unterschiedlichen Messhöhen in der Höhenstraße in Frankfurt am Main, Abschlußbericht über die Ergebnisse der Messungen, erstellt von der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden, 1997.
- [46] Modellversuch zur Erfassung verkehrsbedingter Immissionsbelastungen in Frankfurt am Main: Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz – Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, Heft Nr. 195, Wiesbaden, 1995.
- [47] Emissionskataster in Hessen – Sachstand 1999. Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt: Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Heft 270, Wiesbaden 1999.
- [48] Umweltatlas Hessen unter „www.umwelt.hessen.de“.
- [49] Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Brauchwasseranlagen, s. [18].
- [50] Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG – Energieeinsparungsgesetz) vom 22. Juli 1976 (BGBl. I S. 1873; zuletzt geändert BGBl. I 1980 S. 701, 10.11.2001 S. 2992 Art. 32).
- [51] Generalverkehrsplan 2000 Region Rhein-Main, Herausgeber: Umlandverband Frankfurt, Mai 2000.
- [52] Verkehrsentwicklungsplan Landeshauptstadt Wiesbaden, Herausgeber Landeshauptstadt Wiesbaden, Wiesbaden, 2000.
- [53] Sozialversicherungspflichtig beschäftigte Arbeitnehmer im Hessen am 30. Juni 2002 nach ihrer Pendlereigenschaft, Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden 2003.
- [54] Entscheidung der Kommission vom 20. Februar 2004 zur Festlegung von Modalitäten für die Übermittlung von Informationen über die gemäß der Richtlinie 96/62/EG des Rates erforderlichen Pläne oder Programme in Bezug auf Grenzwerte für bestimmte Luftschadstoffe (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2004) 491, Abl. EWG: L 68 vom 06.03.2004 S. 27).
- [55] Ausbreitungsrechnungen mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Rhein-Main, Arbeitsgruppe TrUmF, IVU Umwelt GmbH, im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Mai 2004.
- [56] HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Version 2.1 / Feb. 2004; UBA Berlin, BUWAL OFEFP Bern, Umweltbundesamt Bern.
- [57] Immissionsbericht Hessen 1996, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz – Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt; Heft Nr. 210, Wiesbaden, 1997.
- [58] Ausbauprogramm Flughafen Frankfurt/Main – Unterlagen zum Raumordnungsverfahren, Flughafen Frankfurt AG (Fraport), Frankfurt, August 2001
- [59] Mediation Flughafen Frankfurt/Main (Bericht), Herausgeber: Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt/Main, Frankfurt 2000
- [60] Luftschadstoffbelastung auf dem Flughafen Frankfurt/Main, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz – Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt; Heft Nr. 261, Wiesbaden, 1999.
- [61] Die Luftqualität im Untersuchungsgebiet Untermain – Ist-Situation und Endwicklung, Luftreinhaltung in Hessen, Heft 3, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, 2003.
- [62] Lutz, M.: Luftreinhalteplanung in einer Großstadt wie Berlin: Untersuchung der Wirkung und Umsetzbarkeit von konkreten Maßnahmen (SenStadt Berlin) (in: PM_x-Quellenidentifizierung: Ergebnisse als Grundlage für Maßnahmenpläne (Bericht zum Workshop), Veranstalter: IUTA e.V. (Duisburg) und UBA (Berlin), Mülheim/Ruhr, 22. und 23. Januar 2004).
- [63] Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten (Verordnung über Heizkostenabrechnung – HeizkostenV) in der Neufassung vom 20. Januar 1989 (BGBl. I S. 115).

- [64] Ermittlung der Konzentration, Größenverteilung und räumlichen Ausbreitung von Schwebstaub und Staubinhaltsstoffen (Schwermetalle) im Bereich Frankfurt am Main, J.-W.-v.-Goethe-Universität, im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (in Arbeit).
- [65] Pitz, M., Wichmann, H.E. et al.: Change of the ambient particle size distribution in East Germany between 1993 and 1999. – *Atmospheric Environment* 35 (2001) p. 4357 – 4366.
- [66] Bächlin, W., Giesen, K.-P., Heits, B., Müller, W.J.: Feinstaubbelastung PM₁₀ in der Straßenschlucht der Göttinger Straße in Hannover (in: PM_x-Quellenidentifizierung: Ergebnisse als Grundlage für Maßnahmenpläne (Bericht zum Workshop), Veranstalter: IUTA e.V. (Duisburg) und UBA (Berlin), Mülheim/Ruhr, 22. und 23. Januar 2004).
- [67] Häberle, M. (1982): Stoffkreisläufe der Natur und Einfluß des Menschen. *Umwelt (VDI)*, Heft 1/82 (1982) S. 15 – 22 und Heft 2/82, S. 76 – 87.
- [68] Danninger, E., Mayrhofer, W., Minniberger, G.: Untersuchung der PM₁₀-Zusammensetzung zur Identifizierung des Hauptverursachers – Zwischenbericht (in: PM_x-Quellenidentifizierung: Ergebnisse als Grundlage für Maßnahmenpläne (Bericht zum Workshop), Veranstalter: IUTA e.V. (Duisburg) und UBA (Berlin), Mülheim/Ruhr, 22. und 23. Januar 2004).
- [69] Palme, F., Rabl, P.: Korngrößen und Inhaltsstoffe von urbanen Stäuben – Einflüsse von Kfz-Emissionen (in: PM_x-Quellenidentifizierung: Ergebnisse als Grundlage für Maßnahmenpläne (Bericht zum Workshop), Veranstalter: IUTA e.V. (Duisburg) und UBA (Berlin), Mülheim/Ruhr, 22. und 23. Januar 2004).
- [70] Lohmeyer, A., Düring, I.: Validierung von PM₁₀-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen; Projekt 2286/C; Auftraggeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, Bericht Juni 2001.
- [71] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 16. November 2001, zuletzt novelliert im Mai 2004.
- [72] Statistik-Info Pendler 4/2002, Planungsverband Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main.
- [73] Kraftfahrt-Bundesamt: Bestand an Kraftfahrzeugen und –anhängern am 1. Januar 2003. – Statistische Mitteilungen, Reihe 2 (Jahresband, Sept. 2003). – pdf-Datei unter „www.kba.de“.
- [74] Diegmann, V., Wiegand, G. (2004): Emissionskataster Kfz-Verkehr als Instrument der Luftreinhalteplanung. – Vortrag bei der Fortbildungsveranstaltung „Luftreinhalteplan Ballungsraum Rhein-Main“ des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, am 27. September 2004 im Kurhaus Wiesbaden. – Manuskript.
- [75] Umweltbundesamt (UBA-Autorenkollektiv, 1997): Maßnahmenplan Umwelt und Verkehr – ein Konzept für eine nachhaltig umweltverträgliche Verkehrsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland. – Bericht I 2.1 – 69 010/3.