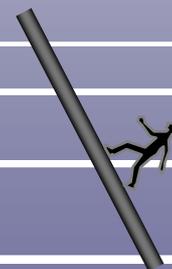
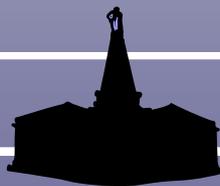
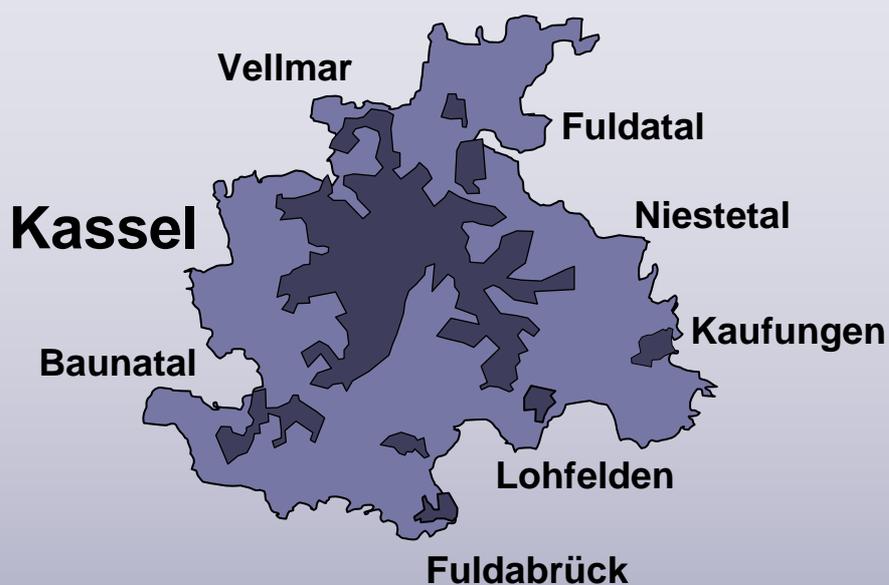




# 1. Fortschreibung Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Kassel



## **Impressum**

**Herausgeber:** Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
(HMUELV)  
Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden  
[www.hmuelv.hessen.de](http://www.hmuelv.hessen.de)

**Redaktionelle Bearbeitung und Gestaltung:**  
HMUELV, Abt. II, Referat 7

**Druck:** HMUELV

**Kartengrundlagen:** Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation  
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

**Stand:** August 2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen des Luftreinhalteplanes</b>	<b>6</b>
1.1	Rechtsgrundlage und Aufgabenstellung	6
1.2	Zuständige Behörden	7
1.3	Öffentlichkeitsbeteiligung	8
<b>2</b>	<b>Allgemeine Informationen zum Gebiet</b>	<b>9</b>
2.1	Der Ballungsraum Kassel	9
	2.1.1 <i>Naturräumliche und orographische Gliederung</i>	11
	2.1.2 <i>Charakterisierung des Klimas</i>	12
	2.1.3 <i>Verkehrsstruktur</i>	14
2.2	Bereits erfolgte Luftreinhalteplanungen	16
2.3	Auslösende Kriterien für die Fortschreibung des Luftreinhalteplans	16
<b>3</b>	<b>Art und Beurteilung der Verschmutzung</b>	<b>19</b>
3.1	Beurteilung der Luftqualität im Ballungsraum Kassel aufgrund von Messungen	19
	3.1.1 <i>Standorte der Luftmessstationen</i>	19
	3.1.1.1 Standorte im Ballungsraum Kassel	21
	3.1.1.2 Standorte im näheren Umfeld des Ballungsraums Kassel	22
	3.1.2 <i>Entwicklung der Messwerte</i>	23
	3.1.2.1 Schwefeldioxid	23
	3.1.2.2 Benzol	24
	3.1.2.3 Feinstaub	24
	3.1.2.4 Stickstoffoxide (NO und NO <sub>2</sub> )	26
3.2	Beurteilung der Luftqualität aufgrund von Ausbreitungsrechnungen	28
	3.2.1 <i>Ermittlung der Verursacheranteile</i>	28
	3.2.2 <i>Minderungsszenarien</i>	31
<b>4</b>	<b>Ursprung der Verschmutzung</b>	<b>34</b>
4.1	Verursacher von Luftschadstoffen	34
4.2	Liste der wichtigsten Emittenten	34
4.3	Gesamtmenge der Emissionen	35
	4.3.1 <i>Stickstoffoxide</i>	35
	4.3.2 <i>Feinstaub</i>	36
<b>5</b>	<b>Analyse der Lage</b>	<b>38</b>
5.1	Analyse der Industrie-Emissionen	38
5.2	Analyse der Gebäudeheizungs-Emissionen	39
5.3	Analyse der Verkehrs-Emissionen	39
	5.3.1 <i>Allgemein</i>	39
	5.3.2 <i>Ballungsraum Kassel</i>	42

5.4	Entwicklung der Emissionssituation	43
<b>6</b>	<b>Angaben zu bereits durchgeführten Maßnahmen</b>	<b>44</b>
6.1	Europaweite und nationale Maßnahmen zur Emissionsminderung	44
6.1.1	<i>Maßnahmen bei der Emittentengruppe Industrie</i>	44
6.1.2	<i>Maßnahmen bei der Emittentengruppe Gebäudeheizung</i>	44
6.1.3	<i>Maßnahmen bei der Emittentengruppe Kfz-Verkehr</i>	45
6.1.3.1	Verbesserung der Emissionsstandards von Fahrzeugen (Europa)	45
6.1.3.2	Fördermaßnahmen zur schnelleren Erneuerung der Fahrzeugflotte	46
6.1.3.3	Aktive Förderung des Partikelfiltereinbaus	47
6.2	Regionale Maßnahmen zur Emissionsminderung	48
6.2.1	<i>Verkehr</i>	48
6.2.1.1	Staufreies Hessen	48
6.2.1.2	Verkehrsvermeidung durch Integration von Siedlungs- und Verkehrsplanung	48
6.2.1.3	Förderung des Gleisanschlussverkehrs	49
6.3	Lokale Maßnahmen im Ballungsraum Kassel	50
6.3.1	<i>Übersicht der abgeschlossenen und laufenden Maßnahmen aus dem Luftreinhalte- und Aktionsplan für den Ballungsraum Kassel</i>	50
<b>7</b>	<b>Geplante Maßnahmen</b>	<b>56</b>
7.1	Europäische Maßnahmen	56
7.1.1	<i>Einführung neuer Abgasstandards</i>	56
7.2	Nationale Maßnahmen	58
7.2.1	<i>Industrie</i>	58
7.2.1.1	Verschärfung von Emissionsgrenzwerten	58
7.2.2	<i>Verkehr</i>	59
7.2.2.1	Förderung von Euro-6-Diesel-Pkw	59
7.2.2.2	Förderung zur Beschaffung von Euro-VI-Lkw	59
7.3	Regionale Maßnahmen	59
7.3.1	<i>Staufreies Hessen</i>	59
7.4	Lokale Maßnahmen	60
7.4.1	<i>Verkehr</i>	60
7.4.1.1	Verbesserung des Verkehrsflusses	60
7.4.1.2	Bau von Umgehungsstraßen	61
7.4.1.3	Verkehrsvermeidung	62
7.4.1.4	Einrichtung von Park&Ride-Parkplätzen	62
7.4.1.5	Umstellung auf schadstoffarme (Elektro-)Fahrzeuge	63
7.4.1.6	Ausbau des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)	63
7.4.1.7	Weitere Verbesserung der Emissionsstandards der Busflotte	65
7.4.1.8	Attraktivitätssteigerung des ÖPNV	67
7.4.1.9	Ausbau und Attraktivitätssteigerung des Radverkehrs	67
7.4.1.10	Attraktivitätssteigerung des Fußgängerverkehrs	68

7.4.2	<i>Gebäudeheizung</i>	68
7.4.2.1	Energieeinsparung	68
7.4.2.2	Energetische Sanierung von gemeindeeigenen Gebäuden im Bestand	68
7.4.2.3	Errichtung und Betrieb gemeindeeigener Energiegewinnungsanlagen	70
7.4.2.4	Förderprogramme	70
7.4.2.5	Festsetzungen in Bebauungsplänen	71
7.4.2.6	Fernwärmenutzung	71
7.4.3	<i>Sonstiges</i>	71
7.4.3.1	Baustellenmanagement	71
7.5	Prognose	72
7.5.1	<i>Stickstoffoxide</i>	73
<b>8</b>	<b>Behandlung der Einwendungen</b>	<b>76</b>
<b>9</b>	<b>Gründe und Erwägungen, auf denen die Entscheidung beruht</b>	<b>78</b>
<b>10</b>	<b>Literatur</b>	<b>80</b>
<b>11</b>	<b>Anhänge</b>	<b>82</b>
11.1	Begriffsbestimmungen	82
11.2	Abbildungsverzeichnis	83
11.3	Tabellenverzeichnis	85
11.4	Beschreibung der Luftmessstationen	86
11.4.1	<i>Luftmessstation Kassel-Fünffensterstraße</i>	86
11.4.2	<i>Luftmessstation Kassel-Mitte</i>	87
11.4.3	<i>Luftmessstation Witzenhausen</i>	88
11.5	Abkürzungsverzeichnis	89

# 1 Grundlagen des Luftreinhalteplanes

## 1.1 Rechtsgrundlage und Aufgabenstellung

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt hatte die Europäische Gemeinschaft in den Jahren 1996 bis 2004 die Luftqualitätsrahmenrichtlinie [1] und mehrere Tochterrichtlinien [2, 3, 4, 5] verabschiedet, in denen Grenzwerte für eine Reihe von Luftschadstoffen festgelegt wurden, die ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr überschritten werden sollten.

Im Zuge der Novellierung wurden im Mai 2008 die Luftqualitätsrahmenrichtlinie und drei Tochterrichtlinien in der Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa [6] zusammengefasst. Die Umsetzung in deutsches Recht erfolgte im Bundes-Immissionsschutzgesetz [7] und in der 39. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV [8]).

Die Verordnung über Luftqualitätsstandards legt für die Stoffe Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Partikel (PM<sub>10</sub>), Blei, Benzol und Kohlenmonoxid (CO) Immissionsgrenzwerte und für die Luftschadstoffe Ozon und Partikel (PM<sub>2,5</sub>) Zielwerte fest, die zum Schutz der menschlichen Gesundheit nicht überschritten werden sollen. Für die in der PM<sub>10</sub>-Fraktion enthaltenen Schwermetalle Arsen, Kadmium und Nickel sowie für Benzo(a)pyren wurden Zielwerte aufgenommen, um schädliche Auswirkungen dieser Stoffe auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden bzw. zu minimieren. Für die Summe der Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) wurde ein Immissionsgrenzwert zum Schutz der Vegetation festgelegt.

Schadstoff	Kenngröße	Einheit	Grenzwert (Anzahl zulässiger Überschreitungen pro Jahr)	gültig seit (ab)	Schutzziel
Arsen <sup>1)</sup>	Jahresmittel	ng/m <sup>3</sup>	6	(2013)	Gesundheit / Umwelt
Benzo(a)pyren <sup>1)</sup>	Jahresmittel	ng/m <sup>3</sup>	1	(2013)	Gesundheit / Umwelt
Benzol	Jahresmittel	µg/m <sup>3</sup>	5	2010	Gesundheit
Blei	Jahresmittel	µg/m <sup>3</sup>	0,5	2005	Gesundheit
CO	max. 8-h-Mittel	mg/m <sup>3</sup>	10	2005	Gesundheit
Kadmium <sup>1)</sup>	Jahresmittel	ng/m <sup>3</sup>	5	(2013)	Gesundheit / Umwelt
Nickel <sup>1)</sup>	Jahresmittel	ng/m <sup>3</sup>	20	(2013)	Gesundheit / Umwelt
NO <sub>2</sub>	1-h-Mittel	µg/m <sup>3</sup>	200 (18-mal)	2010	Gesundheit
	Jahresmittel	µg/m <sup>3</sup>	40	2010	Gesundheit
NO <sub>x</sub>	Jahresmittel	µg/m <sup>3</sup>	30	2001	Vegetation <sup>2)</sup>
Ozon <sup>1)</sup>	8-h-Mittel	µg/m <sup>3</sup>	120 (25)	2010	Gesundheit
PM <sub>2,5</sub> <sup>3)</sup>	Jahresmittel	µg/m <sup>3</sup>	25	2010 / (2015)	Gesundheit
PM <sub>10</sub>	24-h-Mittel	µg/m <sup>3</sup>	50 (35-mal)	2005	Gesundheit
	Jahresmittel	µg/m <sup>3</sup>	40	2005	Gesundheit
SO <sub>2</sub>	1-h-Mittel	µg/m <sup>3</sup>	350 (24-mal)	2005	Gesundheit

Schadstoff	Kenngroße	Einheit	Grenzwert (Anzahl zulässiger Überschreitungen pro Jahr)	gültig seit (ab)	Schutzziel
SO <sub>2</sub>	24-h-Mittel	µg/m <sup>3</sup>	125 (3-mal)	2005	Gesundheit
	Jahresmittel	µg/m <sup>3</sup>	20	2001	Ökosystem <sup>1)</sup>
	Wintermittel <sup>4)</sup>	µg/m <sup>3</sup>	20	2001	Ökosystem <sup>1)</sup>

**Tabelle 1:** Immissionsgrenz- und Zielwerte nach der 39. BImSchV [8]

<sup>1)</sup> Zielwert

<sup>2)</sup> Messung an einem emissionsfernen Standort (mehr als 20 km entfernt von Ballungsräumen oder 5 km von Bebauung, Industrie oder Bundesfernstraßen)

<sup>3)</sup> in der Zeit vom 1. Januar 2010 bis 31. Dezember 2014 Zielwert, ab 1. Januar 2015 Grenzwert

<sup>4)</sup> in der Zeit vom 01. Oktober eines Jahres bis 31. März des Folgejahres

Während die Kenngroße „Jahresmittelwert“ für die Bewertung der Langzeitwirkung steht, wird die Kurzzeitwirkung durch 1- bis 24-h-Mittelwerte mit jeweils höheren Konzentrationsschwellen charakterisiert, die je nach Komponente mit unterschiedlichen Häufigkeiten im Kalenderjahr überschritten werden dürfen (siehe Tabelle 1). Wird für eine oder mehrere Komponenten der Immissionsgrenzwert (zuzüglich Toleranzmarge) überschritten, muss ein Luftreinhalteplan erstellt werden.

Der vorliegende Luftreinhalteplan beschreibt die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen im Ballungsraum Kassel, legt die Maßnahmen zur Verminderung der Luftschadstoffe fest und gibt einen Ausblick auf die voraussichtliche Wirkung der Minderungsmaßnahmen auf die lufthygienische Situation.

Mit der Veröffentlichung des Luftreinhalteplans nach Abschluss der Öffentlichkeitsbeteiligung wird der Maßnahmenplan für alle Institutionen, die Verantwortung in den verschiedenen Maßnahmenbereichen haben, verbindlich.

## 1.2 Zuständige Behörden

Nach § 5 der Hessischen Zuständigkeitsverordnung für den Immissionsschutz ist das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) zuständige Behörde für die Erstellung von Luftreinhalteplänen nach § 47 Abs. 1 BImSchG [9].

An der Planaufstellung waren neben dem HMUELV noch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL) sowie die Kommunen des Ballungsraums Kassel beteiligt.

Die Maßnahmen wurden von den Kommunen des Ballungsraums Kassel vorgeschlagen. Für alle Maßnahmen, die den Straßenverkehr betreffen, wurde das Einvernehmen mit dem HMWVL hergestellt.

Hessisches Ministerium für Umwelt,  
Energie, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz  
Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden

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

Hessisches Landesamt für  
Umwelt und Geologie  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

Magistrat der Stadt Kassel  
Obere Königstraße 8  
34117 Kassel

Stadt Baunatal  
Marktplatz 14  
34225 Baunatal

Stadt Vellmar  
Rathausplatz 1  
34246 Vellmar

Gemeinde Fuldabrück  
Glockenhofsweg 3  
34277 Fuldabrück

Gemeinde Fuldata  
Am Rathaus 9  
34233 Fuldata

Gemeinde Kaufungen  
Leipziger Straße 463  
34260 Kaufungen

Gemeinde Lohfelden  
Lange Straße 20  
34253 Lohfelden

Gemeinde Niestetal  
Heiligenröder Straße 70  
34266 Niestetal

Zweckverband Raum Kassel  
Ständeplatz 13  
34117 Kassel

### 1.3 Öffentlichkeitsbeteiligung

Gemäß § 47 Abs. 5a BImSchG ist die Öffentlichkeit bei der Aufstellung oder Änderung von Luftreinhalteplänen zu beteiligen.

Die Öffentlichkeitsbeteiligung erfolgte durch Ankündigung der Auslegung des Entwurfs der 1. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für den Ballungsraum Kassel im Staatsanzeiger des Landes Hessen sowie durch Pressemeldungen des Umweltministeriums. Der Planentwurf konnte für die Dauer von einem Monat (24. Mai 2011 bis einschließlich 24. Juni 2011) beim Magistrat der Stadt Kassel sowie den Kommunen des Ballungsraums Kassel eingesehen werden. An den Offenlegungszeitraum schloss sich eine Frist von zwei Wochen an, innerhalb dieser ebenfalls noch Bedenken, Anregungen oder Einwände beim HMUELV geltend gemacht werden konnten. Im Zeitraum der Öffentlichkeitsbeteiligung stand der Planentwurf auch auf den Internetseiten des Umweltministeriums sowie des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie zur Einsicht und zum Herunterladen bereit.

Zu dem Planentwurf gingen fristgerecht fünf Einwendungen und Anregungen von Seiten der Öffentlichkeit ein. Auf sie wird unter Punkt 8 „Behandlung der Einwendungen“ näher eingegangen.

Mit der abschließenden Veröffentlichung der 1. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für den Ballungsraum Kassel am 22. August 2011 im Staatsanzeiger des Landes Hessen tritt der vorliegende Luftreinhalteplan in Kraft.

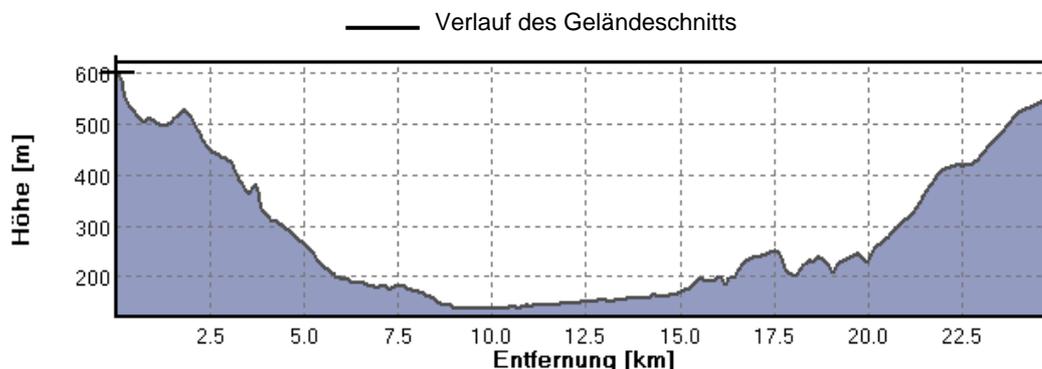


Ein Ballungsraum ist nach § 1 Nr. 4 der 39. BImSchV [8] ein Gebiet mit mindestens 250.000 Einwohnern, einer Einwohnerdichte von 1.000 Einwohnern und mehr je Quadratkilometer (km<sup>2</sup>) und geht über eine Fläche von mindestens 100 km<sup>2</sup>.

Der Ballungsraum Kassel erfüllt mit einer Einwohnerzahl von ca. 300.000 Einwohnern, einer Fläche von 275,4 km<sup>2</sup> und einer Einwohnerdichte von durchschnittlich ca. 1.100 Einwohnern pro km<sup>2</sup> (alle Angaben Stand 31. Dezember 2008) alle Voraussetzungen eines Ballungsraums.



Kartengrundlage: © GeoBasis-DE /BKG [2008]



**Abbildung 2:** Ballungsraum Kassel (rot schraffiert) mit Geländeschnitt

Der Ballungsraum Kassel entspricht in seinen Grenzen bis auf wenige Ausnahmen (die Gemeinden Ahnatal und Schauenburg) dem Zweckverband Raum Kassel (ZRK). Der ZRK hat sich als wesentliches Ziel gesetzt, gemeindeübergreifende Entwicklungsrichtlinien und -ziele aufzuzeigen, Kooperationen mit gemeinsamen Zielen und Aktivitäten zu fördern und insbesondere Grundlagen für eine Flächennutzungsplanung im Sinne der beteiligten Kommunen zu schaffen.

Der Ballungsraum Kassel umfasst folgende Städte und Gemeinden:

Stadt / Gemeinde	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Landkreis	Einwohnerzahl (Stand: 31.12.2008)	Einwohner je km <sup>2</sup>
Baunatal, St.	38,27	Kassel	27.738	725
Fuldaatal	33,68	Kassel	11.916	354
Fuldabrück	17,85	Kassel	8.758	491
Kassel, St.	106,78		194.168	1.818
Kaufungen	26,13	Kassel	12.666	485
Lohfelden	16,57	Kassel	13.763	831
Niestetal	22,15	Kassel	10.554	476
Vellmar, St.	13,97	Kassel	18.229	1.305
<b>Ballungsraum Kassel</b>	<b>275,4</b>		<b>297.792</b>	<b>1.081</b>
<b>Hessen</b>	<b>21.114,32</b>		<b>6.064.953</b>	<b>287</b>

**Tabelle 2:** Städte und Gemeinden des Ballungsraums Kassel (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt [10])

### 2.1.1 Naturräumliche und orographische Gliederung

Das Kasseler Becken wird aus naturräumlicher Sicht der Westhessischen Senke zugeordnet, einer von Süden nach Norden verlaufenden Folge von Senken und flachen Schwellen. Die Fritzlarer Börde und die Gudensberger Kuppenschwelle im Süden sowie die Hofgeismarer Rot-senke im Norden schließen im Verlauf der Westhessischen Senke an das Kasseler Becken an.

Das Kasseler Becken selbst ist ein weites, im Innern hügelig zerschnittenes Becken zwischen 140 und 300 m über NN zwischen dem Steilabfall des Habichtswaldes im Westen und der sanfteren Abdachung von Kaufunger Wald und Söhre im Osten. Im Norden endet das Kasseler Becken ohne ausgeprägte Grenzen an der Basaltkuppe des Staufenberges und den Ausläufern des Reinhardswaldes, während es im Süden durch die Gudensberger Kuppenschwelle abgegrenzt wird, die zwischen Kaufunger Wald im Westen und Söhre im Osten verläuft.

Abbildung 3 versucht durch eine dreidimensionale Darstellung diese ausgeprägte Struktur des Kasseler Beckens anschaulich zu machen. Die Kasseler Innenstadt liegt hierbei auf einer flachen Kuppe, die zur Fuldaaue steil abfällt, etwa in der Mitte des Kasseler Beckens.



**Abbildung 3:** Höhenprofil des Kasseler Beckens mit dem Verlauf der Autobahnen

Die Fulda durchfließt das Kasseler Becken von Süden nach Norden. Die Fuldaauen bilden mit einer Höhe von 135 bis 140 m über NN den Grund des Beckens. Die Durchbrüche der Fulda im Süden und Norden sind für die Belüftung von Kassel durch die Randhöhen des Kasseler Beckens nur von beschränkter Bedeutung, da diese Täler eng und gewunden sind.

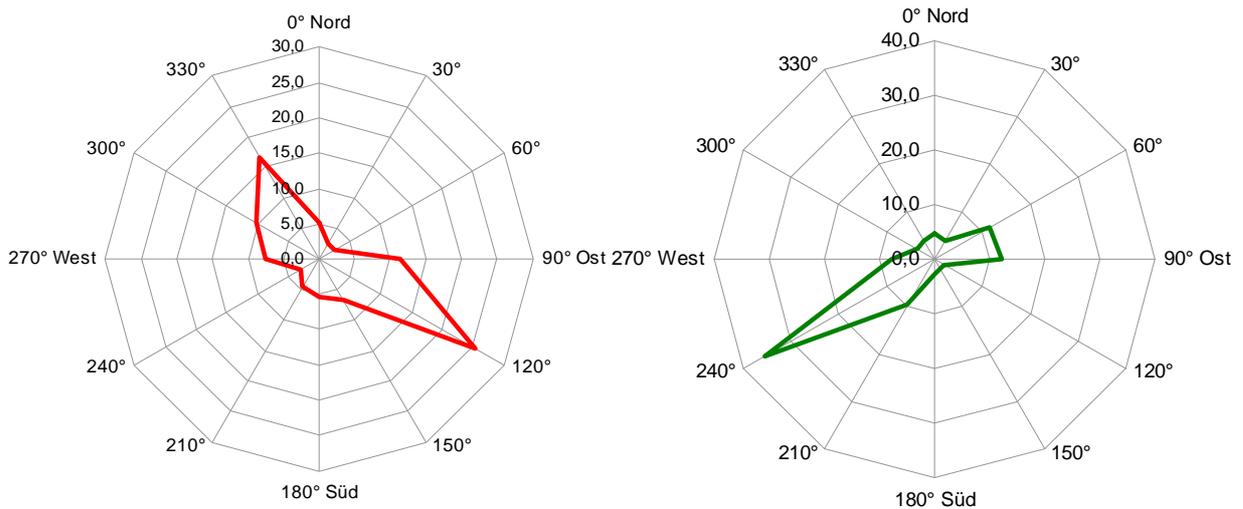
Der Ballungsraum Kassel umfasst das gesamte Kasseler Becken bis zu seinen Randhöhen. Die Lage von Kassel in diesem Becken und die daraus resultierende Häufigkeit niedriger Windgeschwindigkeiten und ungünstiger Austauschbedingungen hat zur Folge, dass Fragen des Luftaustausches und die klimatologischen Verhältnisse für die lufthygienische Situation in Kassel von grundsätzlicher Bedeutung sind.

### 2.1.2 Charakterisierung des Klimas

Die Stadt Kassel und ihre Umgebung gehören zur warmgemäßigten Klimazone. Die Kessellage von Kassel und der Großstadtcharakter führen zu einem typischen Lokalklima, das je nach Wetterlage mehr oder weniger zur Geltung kommt. Durch die Kessellage ist in Kassel der Luftaustausch im Vergleich zu Standorten außerhalb des Kasseler Beckens oft schlechter. Deshalb kommt es häufiger zu Austauschverhältnissen, die zu einer Anreicherung der Schadstoffe führen, wenn diese Wettersituation länger als 24 Stunden anhält.

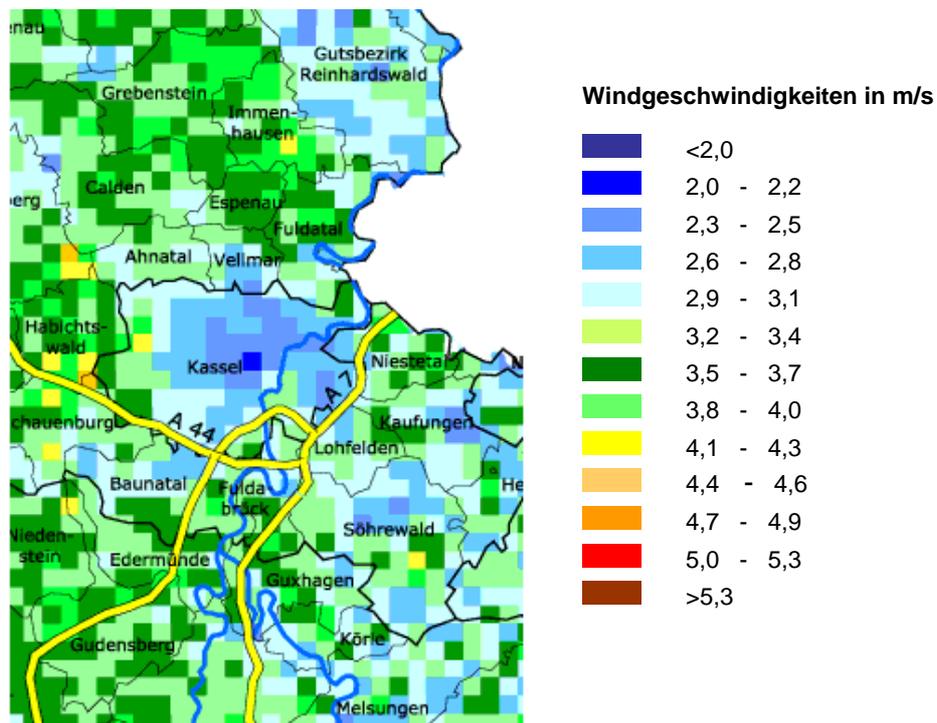
Städte weisen im Allgemeinen höhere Temperaturen als ihre Umgebung auf. Ursache ist neben der Wärmeabgabe der Gebäude die durch die Luftverschmutzung entstehende Dunstglocke über dem Stadtgebiet, die die langwellige Ausstrahlung herabsetzt. Je ausgeprägter diese innerstädtische Wärmeinsel sich ausbildet, desto mehr ist die Durchlüftung dieses Stadtquartiers eingeschränkt.

Abbildung 4 zeigt die Windverteilung an der Messstation Kassel-Mitte. Die in der freien Atmosphäre vorherrschenden westlichen Winde werden in Bodennähe durch die Topographie im Kasseler Becken aus ihrer Richtung abgelenkt. Durch die Tallage wird die Windgeschwindigkeit gegenüber der Umgebung verringert. An der Messstation Kassel-Mitte sind es darüber hinaus Einflüsse der umliegenden hohen Bebauung, die die Windrichtung stark beeinflussen. Das ist am besten im Vergleich mit der Windrose wie sie an der Messstation Witzenhausen zu beobachten ist, deutlich.



**Abbildung 4:** Windrichtungsverteilung an der Stadtstation Kassel-Mitte (links, Zeitraum: 2008-2010) und an der ländlichen Station Witzenhausen (rechts, Zeitraum 2010)

Aus lufthygienischer Sicht sind für den Ballungsraum vor allem die oft niedrigen Windgeschwindigkeiten und im Zusammenhang damit die Häufigkeit von Zeiten mit ungünstigem Luftaustausch (austauscharme Wetterlagen) charakteristisch.



**Abbildung 5:** Mittlere Windgeschwindigkeiten im Bereich des Ballungsraums Kassel der Jahre 1981 – 1990 (Quelle: Umweltatlas HLUg)

Nach den Messungen an der Luftmessstation des städtischen Hintergrunds Kassel-Mitte wurden in 2008 an 125 Tagen, in 2009 an 142 Tagen und in 2010 an 115 Tagen Windgeschwindigkeiten kleiner 1,0 m/s gemessen. Für eine gute Durchlüftung sind Windgeschwindigkeiten größer als 3 m/s erforderlich, die in Kassel in den Jahren 2008 bis 2010 nur einmal erreicht wurden.

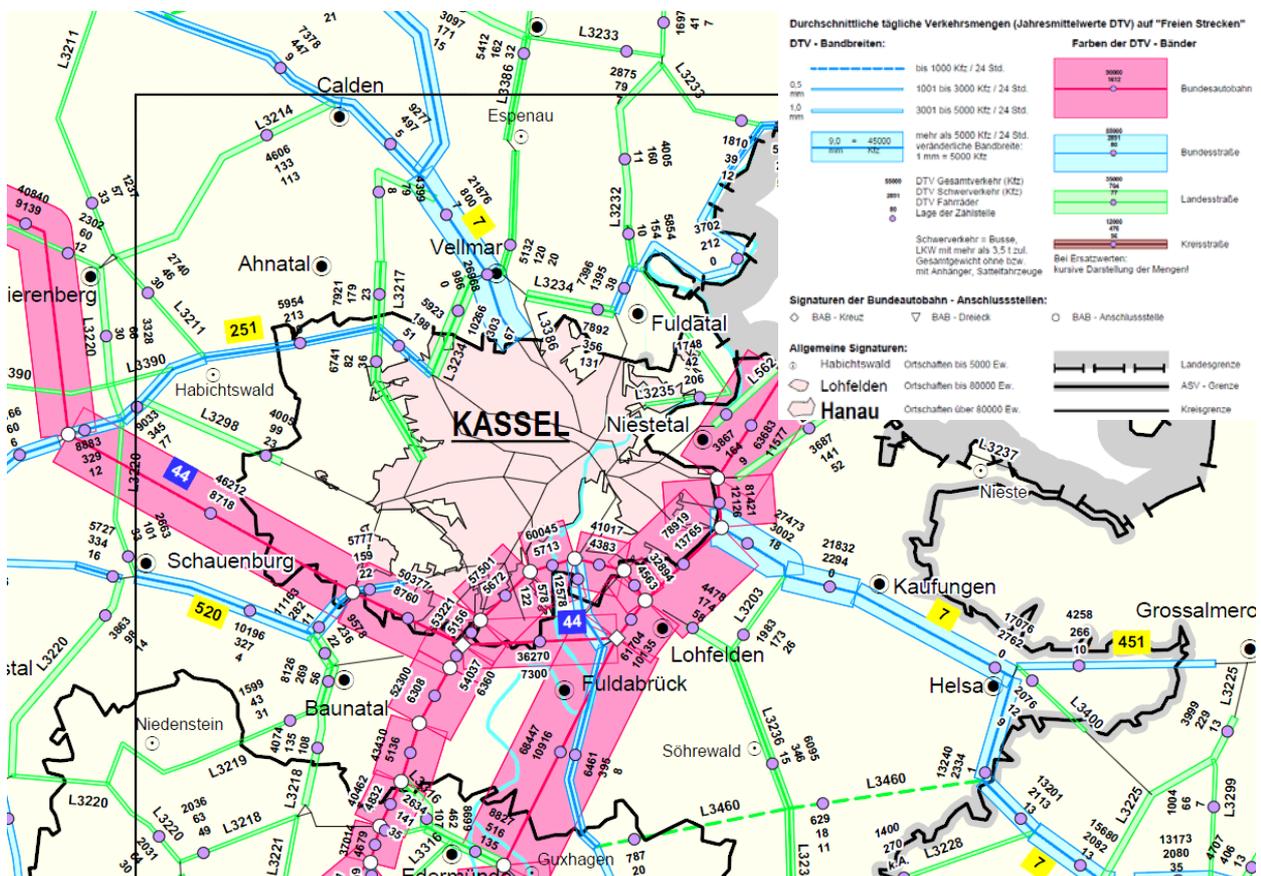
## 2.1.3 Verkehrsstruktur

Für die Immissionssituation sind bei der Beschreibung des Kfz-Verkehrs folgende Parameter von Interesse:

- ▶ Die **Struktur des Straßennetzes** aus Autobahnen, Bundesstraßen sowie Gemeinde-, Kreis- und Landesstraßen,
- ▶ die **Verkehrsströme** auf diesen Straßen,
- ▶ die **Verteilung des Kfz-Bestandes** auf Pkw, Krafträder, leichte und schwere Lkw sowie Busse und
- ▶ die **Verkehrsdichte** über den Tag und den Verlauf der Woche.

Für die Emissionsermittlung sind die Antriebsart, die Motorleistung, das Alter der Fahrzeuge und die Abgasnorm zur Emissionsbegrenzung entscheidende Kriterien. Zum großen Teil können diese Angaben für die in den Städten und Kommunen des Ballungsraums Kassel zugelassenen Fahrzeuge jeweils mit Stand 1. Januar eines Jahres den Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes entnommen werden.

Alle fünf Jahre werden bundesweit die außerörtlichen Verkehrsströme erhoben. Die Verkehrssituation im Ballungsraum Kassel wird anhand von Ausschnitten der Verkehrsmengenkarten 2005 des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen (HLSV) dargestellt (siehe Abbildung 6) [11].



**Abbildung 6:** Ausschnitt aus der Hessischen Verkehrsmengenkarte 2005 für den Ballungsraum Kassel (Quelle: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen [11])

Die Straßentypen Bundesautobahn, Bundesstraße, Landesstraße und Kreisstraße lassen sich durch die Farbe der Linien unterscheiden. Ergänzend ist noch die mittlere Verkehrsdichte als DTV-Wert (Durchschnittlicher täglicher Verkehr in Kfz pro Tag) als Linienstärke angegeben. Die Zahlen an den Linien geben den DTV-Wert für den Gesamtverkehr, Schwerverkehr und Fahrräder an. Der Schwerverkehr ist definiert als Busse und Lkw mit mehr als 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht ohne bzw. mit Anhänger sowie Sattelfahrzeuge. Eingezeichnet sind die Straßenabschnitte, die für die Straßenverkehrszählung 2005 durch das HLSV gezählt wurden.

Südlich von Kassel treffen sich die stark befahrenen Autobahnen A 7 und A 44, ergänzt durch die A 49. Die A7 ist mit knapp 1.000 km die längste deutsche Autobahn und führt in Nord-Süd-Richtung von der dänischen bis zur österreichischen Grenze. Mit einem Verkehrsaufkommen von durchschnittlich knapp 70.000 Fahrzeugen pro Tag ist sie eine der deutschen Hauptverkehrsrouten. Die A 44 zwischen Aachen und Kassel/Eisenach gewann erst nach der deutschen Wiedervereinigung an Bedeutung und stellt inzwischen die schnellste Verbindung zwischen dem Ruhrgebiet und dem südostdeutschen Wirtschaftsraum dar. Mit einem Verkehrsaufkommen von durchschnittlich ca. 50.000 Fahrzeugen pro Tag ist sie jedoch deutlich geringer befahren als die A 7. Trotz eines vergleichsweise hohen Verkehrsaufkommens von ca. 40.000 Fahrzeugen pro Tag ist die A 49 nur von regionaler Bedeutung. Sie verbindet lediglich Kassel mit dem Schwalm-Eder-Kreis.

Die wichtigen Verkehrsanbindungen bringen den Städten und Gemeinden im Ballungsraum Kassel und ihren Wirtschaftsunternehmen einerseits zwar einen Standortvorteil, andererseits führt das enorme Verkehrsaufkommen aber zur Luftverschmutzung und zu hohen Lärmbelastungen für die Bevölkerung des Ballungsraums.

Neben dem überregionalen Verkehr spielt für die Kommunen des Ballungsraums aber auch insbesondere das innerörtliche Verkehrsaufkommen für die Luftreinhalteplanung eine Rolle. Vor allem im Berufsverkehr werden die höchsten verkehrsbedingten Emissionen freigesetzt. Daher ist die Anzahl der Ein- und Auspendler von besonderer Bedeutung.

Stadt / Gemeinde	Einpendler	Auspendler	Pendlersaldo
Baunatal, St.	16.287	5.575	10.712
Fuldaatal	1.159	3.340	-2.181
Fuldabrück	3.146	2.590	556
Kassel, St.	57.173	18.677	38.496
Kaufungen	2.292	3.720	-1.428
Lohfelden	3.138	3.993	-855
Niestetal	2.990	3.226	-236
Vellmar, St.	1.872	5.239	-3.367
<b>Ballungsraum Kassel</b>	<b>88.057</b>	<b>46.360</b>	<b>41.697</b>
<b>Hessen</b>	<b>1.483.128</b>	<b>1.356.097</b>	<b>127.031</b>

**Tabelle 3:** Sozialversicherungspflichtig beschäftigte Pendler der Kommunen des Ballungsraums Kassel mit Stand 30. Juni 2008 (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt [10])

## 2.2 Bereits erfolgte Luftreinhalteplanungen

Im Jahr 2003 wurde an den beiden Luftmessstationen Kassel-Fünffensterstraße und Kassel-Nord der Feinstaubimmissionsgrenzwert überschritten. Die daraufhin anlaufende Luftreinhalteplanung wurde aufgrund der drohenden Gefahr der Überschreitung des Feinstaubgrenzwertes im Jahr 2005 als kombinierter Luftreinhalte- und Aktionsplan ausgeführt. Der Luftreinhalte- und Aktionsplan für den Ballungsraum Kassel trat offiziell im Juli 2006 in Kraft. Seit 2006 werden die Feinstaubimmissionsgrenzwerte in Kassel eingehalten. Daher wird im Folgenden schwerpunktmäßig die Belastung mit Stickstoffdioxid betrachtet.

Mit Inkrafttreten der 1. Fortschreibung des Luftreinhalteplans für den Ballungsraum Kassel wird der bestehende Luftreinhalte- und Aktionsplan für den Ballungsraum Kassel aufgehoben.

## 2.3 Auslösende Kriterien für die Fortschreibung des Luftreinhalteplans

Am 1. Januar 2010 traten die Immissionsgrenzwerte (Kurzzeit- und Langzeitwert) für Stickstoffdioxid und Benzol offiziell in Kraft. Der Jahresmittelwert für NO<sub>2</sub> in Höhe von 40 µg/m<sup>3</sup> wird bereits seit Jahren an nahezu alle verkehrsbezogenen Luftmessstationen in Hessen überschritten, wobei bis zum Jahr 2009 noch die vorhandene Toleranzmarge dazu beitrug, dass erst in den letzten Jahren weitere Luftreinhaltepläne aufgestellt werden mussten.

Im Ballungsraum Kassel wird an der verkehrsbezogenen Messstation Kassel-Fünffensterstraße seit dem Jahr 2006 der Immissionsgrenzwert zuzüglich der Toleranzmarge für Stickstoffdioxid überschritten. Die Maßnahmen des Luftreinhalte- und Aktionsplans für den Ballungsraum Kassel, die auch eine mindernde Wirkung auf die Stickstoffdioxidkonzentration beinhalteten, konnten die Belastung aber nicht in dem notwendigen Maß reduzieren, um eine Einhaltung des Grenzwertes zu ermöglichen.

Das HLUG publiziert in den jährlich erscheinenden Lufthygienischen Jahresberichten die nach den Anforderungen der 39. BImSchV [8] gemessenen Immissionskenngrößen für die Stationen des Luftmessnetzes.

Komponente	PM10		NO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>			CO	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	µg/m <sup>3</sup>		µg/m <sup>3</sup>		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>			mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Kenngroße	24-h	JM	1-h	JM	JM <sup>1)</sup>	1-h	24-h	JM/WM <sup>1)</sup>	8-h	JM
Grenzwert	50	40	200	40	30	350	125	20	10	5
zulässige Überschreitungen	35		18			24	3		-	
	Anz.	Wert	Anz.	Wert	Wert	Anz.		Wert	Anz.	Wert
Ks-Mitte	13	21,6	0	24,7	37,7	0	0	1,5	-	-
Ks-Fünffensterstraße	16	27,9	0	50,6	119,7	-	-	-	0	2,0

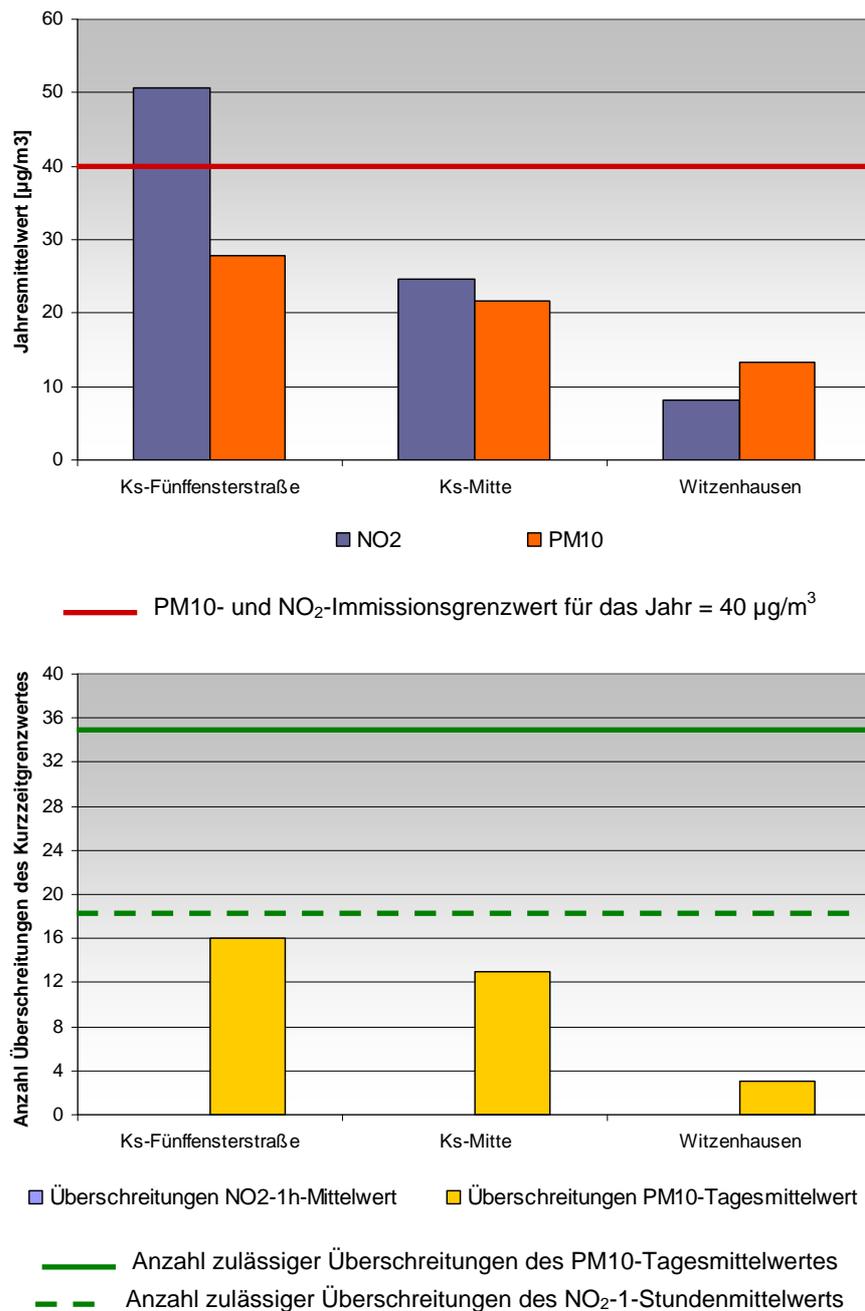
<sup>1)</sup> Abstandskriterium in Hessen nicht erfüllt

Anz.	=	Anzahl	JM	=	Jahresmittelwert
GW	=	Grenzwert	TM	=	Toleranzmarge
h	=	Stunde	WM	=	Wintermittel (01.10. bis 31.03. des Folgejahres)

**Tabelle 4:** Immissionskenngrößen nach der 39. BImSchV für das Messjahr **2010** im Ballungsraum Kassel

Der Immissionsgrenzwert für NO<sub>x</sub> gilt lediglich zum Schutz der Vegetation und ist nur an Standorten gültig, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder mindestens vierspurigen Bundesfernstraßen entfernt sind. Derartige Standorte existieren in Hessen nicht, daher ist das „Abstandskriterium“ in Hessen nicht erfüllt.

In Abbildung 7 sind die gemessenen PM10- und NO<sub>2</sub>-Konzentrationen nochmals graphisch im Verhältnis zu den Immissionsgrenzwerten dargestellt. Zusätzlich werden die Werte der Messstation Witzenhausen, einer Luftmessstation des ländlichen Raums, angegeben.



**Abbildung 7:** Immissionskenngrößen von PM10 und NO<sub>2</sub> für das Jahr 2010 im Ballungsraum Kassel und einer benachbarten Messstation des ländlichen Raums (Witzenhausen)

Sowohl bei Feinstaub als auch bei Stickstoffdioxid ist neben dem Jahresmittelwert auch noch ein Kurzzeitgrenzwert einzuhalten. Bei NO<sub>2</sub> liegt der Kurzzeitgrenzwert in Höhe eines Stundenmittels von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nicht mehr als 18mal im Jahr überschritten werden darf. Bei Fein-

staub ist der Kurzzeitgrenzwert ein Tagesmittelwert in Höhe von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , der nicht mehr als 35-mal im Jahr überschritten werden darf. Während bei Feinstaub i.d.R. die Einhaltung des Kurzzeitgrenzwertes zu Problemen führt, ist es bei Stickstoffdioxid der Jahresmittelwert, der vielfach nicht eingehalten werden kann. Im Ballungsraum Kassel wurde selbst an der verkehrsbezogenen Station Kassel-Fünffensterstraße der Kurzzeitimmissionsgrenzwert von  $\text{NO}_2$  bisher noch nie überschritten.

Trotz der Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung der Luftschadstoffbelastung ist aufgrund der im Jahr 2010 gemessenen Schadstoffkonzentrationen die Notwendigkeit für eine Fortschreibung des Luftreinhalteplans gegeben.

## 3 Art und Beurteilung der Verschmutzung

### 3.1 Beurteilung der Luftqualität im Ballungsraum Kassel aufgrund von Messungen

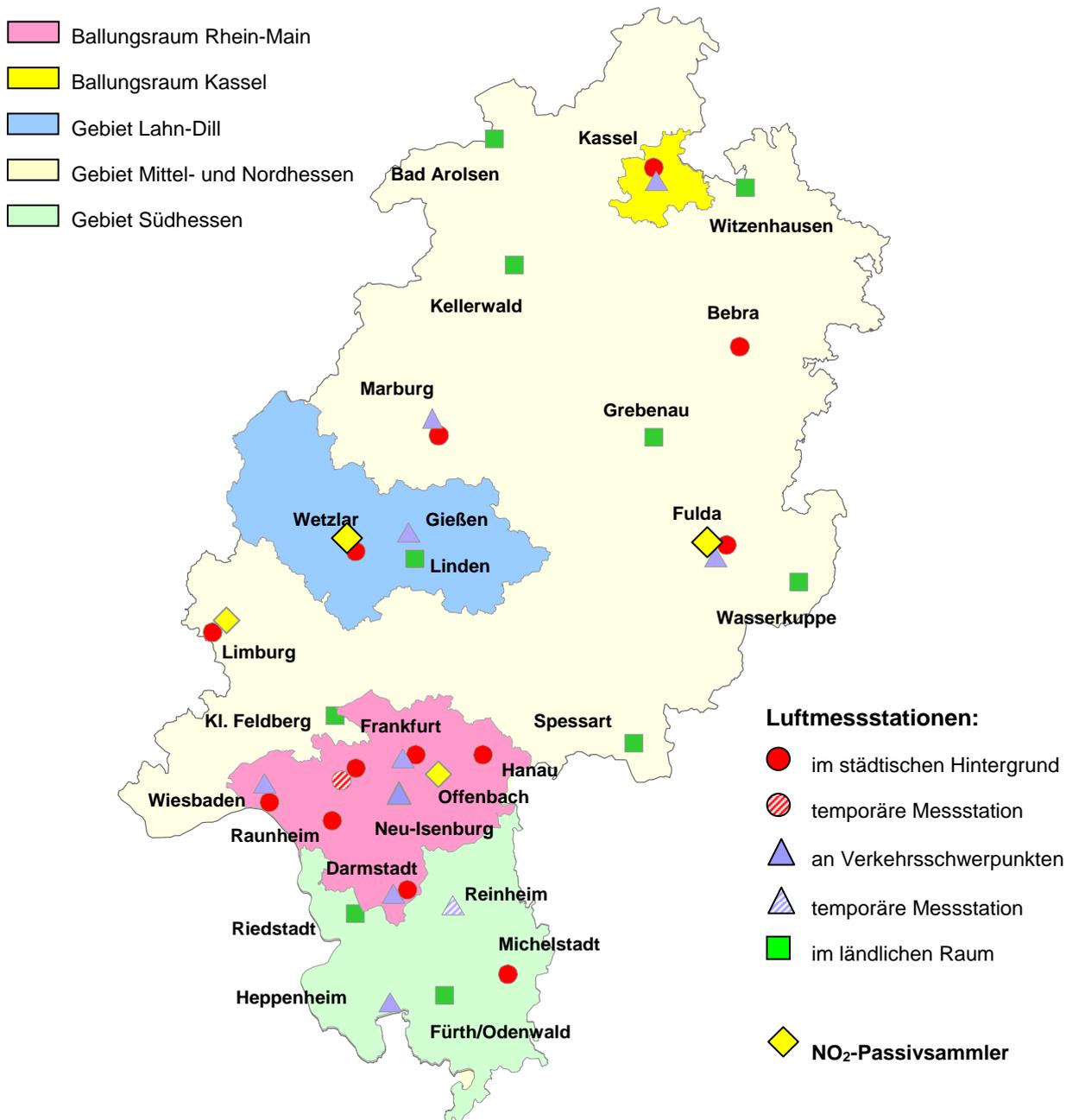
#### 3.1.1 Standorte der Luftmessstationen

Die Lage der Messstationen ist durch eindeutige gesetzliche Vorgaben geregelt [8]. Probenahmestellen, an denen Messungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit vorgenommen werden, sollen so gelegt werden, dass

- a) Daten zu den Bereichen innerhalb von Gebieten oder Ballungsräumen gewonnen werden, in denen **die höchsten Konzentrationen** auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt über einen Zeitraum ausgesetzt sein wird, der der Mittelungszeit des betreffenden Immissionsgrenzwertes Rechnung trägt (i.d.R. Stationen an Verkehrsschwerpunkten, gekennzeichnet durch ein violette Dreieck ▲)
- b) Daten zu Konzentrationen in anderen Bereichen innerhalb von Gebieten und Ballungsräumen gewonnen werden, die für die **Exposition der Bevölkerung im Allgemeinen repräsentativ** sind (Stationen des städtischen Hintergrunds, gekennzeichnet durch einen roten Punkt ●).

Um die Höhe der flächendeckend vorhandenen Schadstoffbelastung (allgemeine Hintergrundbelastung) zu kennen, befinden sich noch eine Reihe von Luftmessstationen im ländlichen Raum (gekennzeichnet durch ein grünes Quadrat ■), möglichst weit ab von anthropogen verursachten Schadstoffemissionen.

Zuständig für die Ermittlung der Luftqualität ist das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), das die Standorte der Probenahmestellen so gewählt hat, dass sie einerseits den gesetzlichen Vorgaben entsprechen und gleichzeitig eine weitgehend flächendeckende Immissionsüberwachung in Hessen gewährleistet werden kann. Die Standorte befinden sich überwiegend in Städten, aber auch im ländlichen Raum sowie an Verkehrsschwerpunkten (siehe Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Luftmessstationen in Hessen (Stand: Januar 2009)

Die 39. BImSchV [8] sieht eine Anzahl fest installierter Luftmessstationen in Abhängigkeit von der Bevölkerungszahl des Gebiets bzw. Ballungsraums und der Höhe der Schadstoffbelastung vor. Bei einer Bevölkerung zwischen 250.000 und 499.000 sind bei Überschreitung des oberen Beurteilungswertes demnach an zwei Messstandorten Luftschadstoffe zu messen; für die Beurteilung der verschiedenen Feinstaubfraktionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) sogar drei Messstandorte. Dabei zählen jedoch Messungen von PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> an der gleichen Station als zwei getrennte Standorte.

Für den Ballungsraum Kassel sind demnach zwei Messstationen erforderlich, die durch die Stationen an der Fünffensterstraße, einem verkehrsbezogenen Messstandort, und einer Station im Bereich Hinter der Komödie (Ks-Mitte), einem Standort des städtischen Hintergrunds, abgedeckt werden.

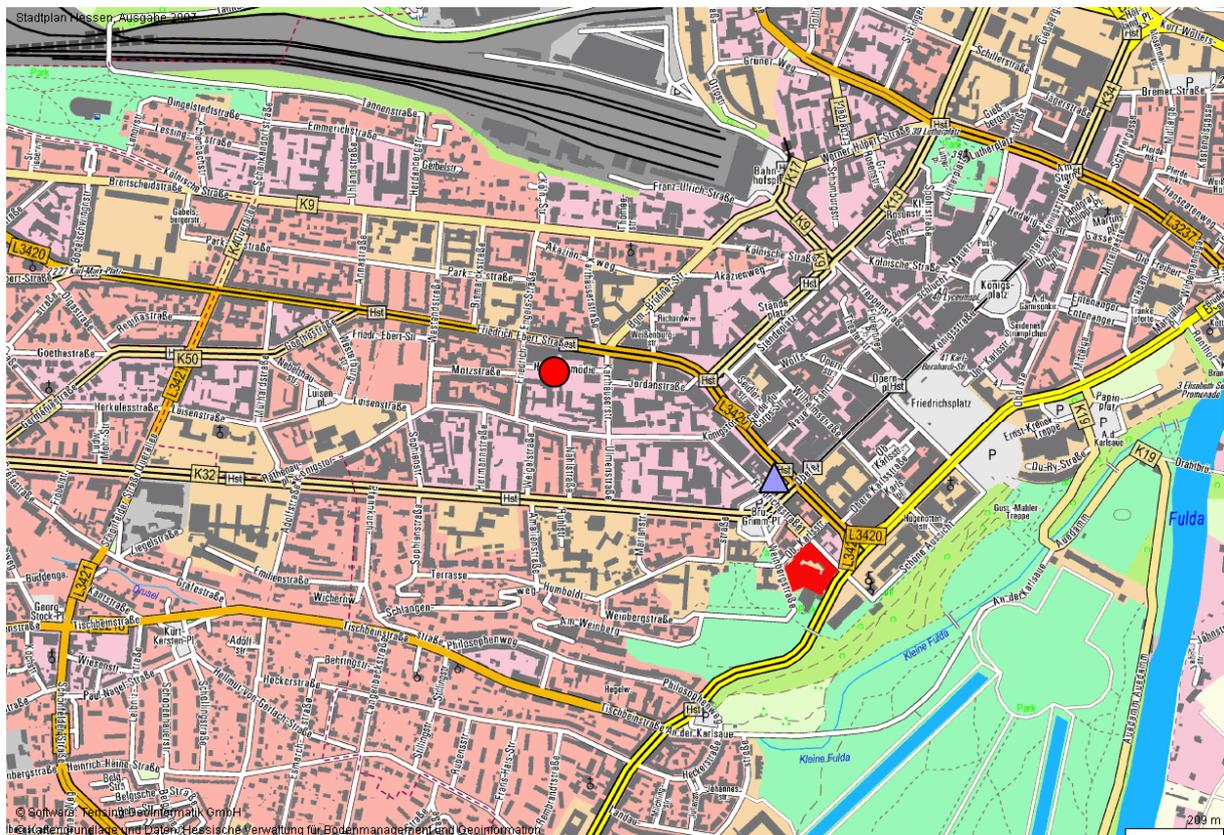
Die höchsten Immissionskonzentrationen werden regelmäßig an den verkehrsbezogenen Messstationen registriert. Die dort gemessene Schadstoffbelastung setzt sich aus verschiedenen Beiträgen zusammen:

- Dem *grenzüberschreitenden Ferneintrag*,
- der *regionalen Hintergrundbelastung* in der Region, d.h. den Schadstoffkonzentrationen wie sie fern von anthropogenen Einflüssen an den ländlichen Luftmessstationen gemessen werden, die sich zusammen mit dem grenzüberschreitenden Ferneintrag zur regionalen Hintergrundbelastung summiert;
- den von den Emissionen durch Industrie, Verkehr, Gebäudeheizung im gesamten städtischen Gebiet verursachten Schadstoffkonzentrationen (*städtische Zusatzbelastung*), die sich zusammen mit dem regionalen Hintergrund zur städtischen Vorbelastung summiert und
- den Emissionen aus dem direkten Umfeld der Messstation in einer Straßenschlucht (*verkehrsbedingte Zusatzbelastung*).

Die Quellbereiche tragen aufgrund wechselnder Wetterlagen und variierender Emissionsverhältnisse in unterschiedlichem Maß zu den Immissionsbelastungen bei.

### 3.1.1.1 Standorte im Ballungsraum Kassel

In der Stadt Kassel befinden sich zwei stationäre Luftmessstationen.



Kartengrundlage: Hess. Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

-  verkehrsbezogene Messstation an der Fünfensterstraße (Ks-Fünfensterstraße)
-  Messstation des städtischen Hintergrunds Hinter der Komödie (Ks-Mitte)

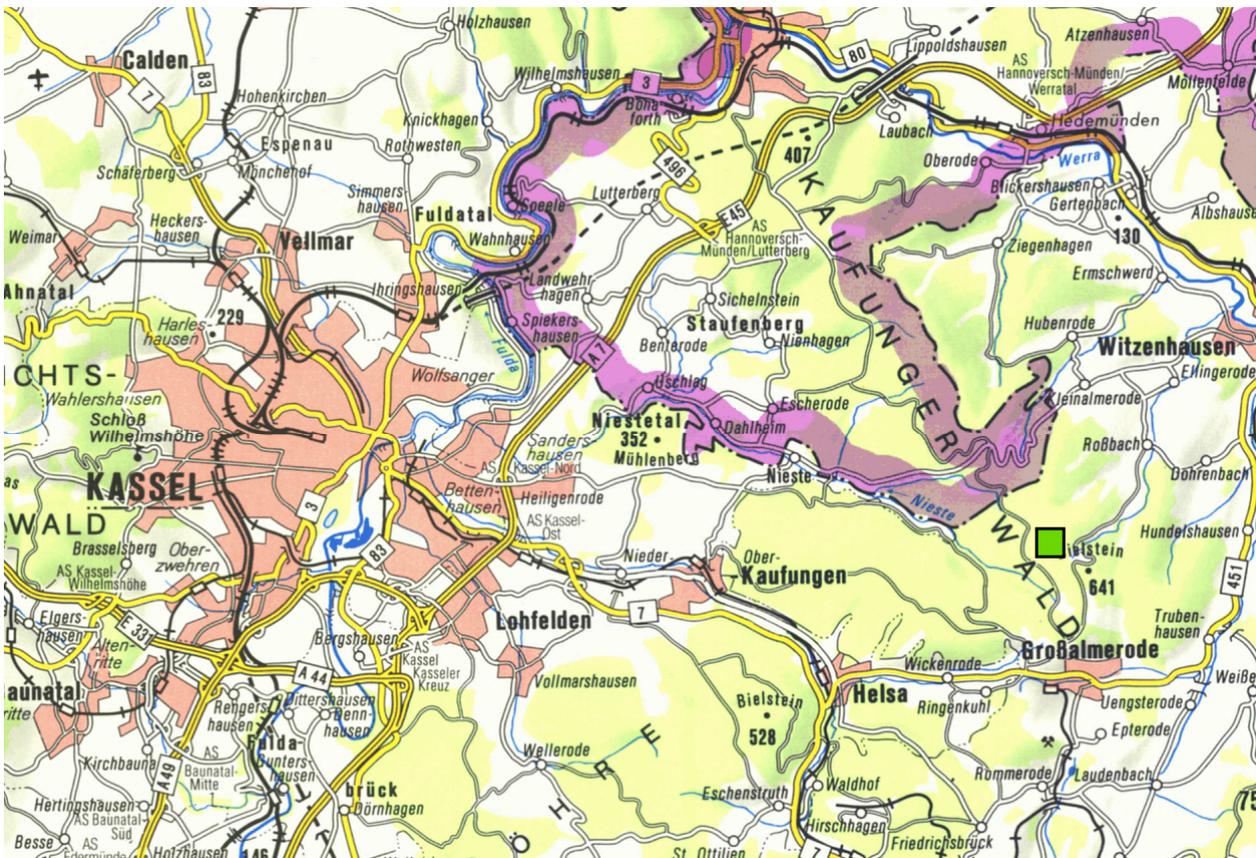
**Abbildung 9:** Lage der Luftmessstationen in Kassel (Detailangaben siehe Kapitel 10.4)

Die Messstation an der Fünffensterstraße entspricht den Vorgaben zu Nummer 3.1.1 a) dieses Kapitels, da hier die höchsten Konzentrationen in Kassel auftreten. Zur Erfassung der allgemeinen Exposition der Bevölkerung dient die Station Ks-Mitte im Bereich Hinter der Komödie (entsprechend Nr. 3.1.1 b).

Bis zum Jahr 2007 wurde die Station des städtischen Hintergrunds im Bereich der Holländischen Straße betrieben, wo sie aber aufgrund von Bautätigkeiten weichen musste. Daher wird seit Januar 2008 die Stadtstation Ks-Mitte betrieben.

### 3.1.1.2 Standorte im näheren Umfeld des Ballungsraums Kassel

Ca. 20 km vom Kasseler Stadtzentrum entfernt befindet sich auf dem Gemeindegebiet von Witzenhausen die ländlich gelegene Luftmessstation Witzenhausen.



Kartengrundlage: Hess. Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

■ Messstation im ländlichen Raum (Witzenhausen)

**Abbildung 10:** Lage der Luftmessstation im ländlichen Raum Witzenhausen (Detailangaben siehe Kapitel 10.4)

Messstationen des ländlichen Raums geben Aufschluss über die regionale Hintergrundbelastung mit Luftschadstoffen, wie sie ohne direkte Beeinflussung durch anthropogen verursachte Emittenten vorhanden ist.

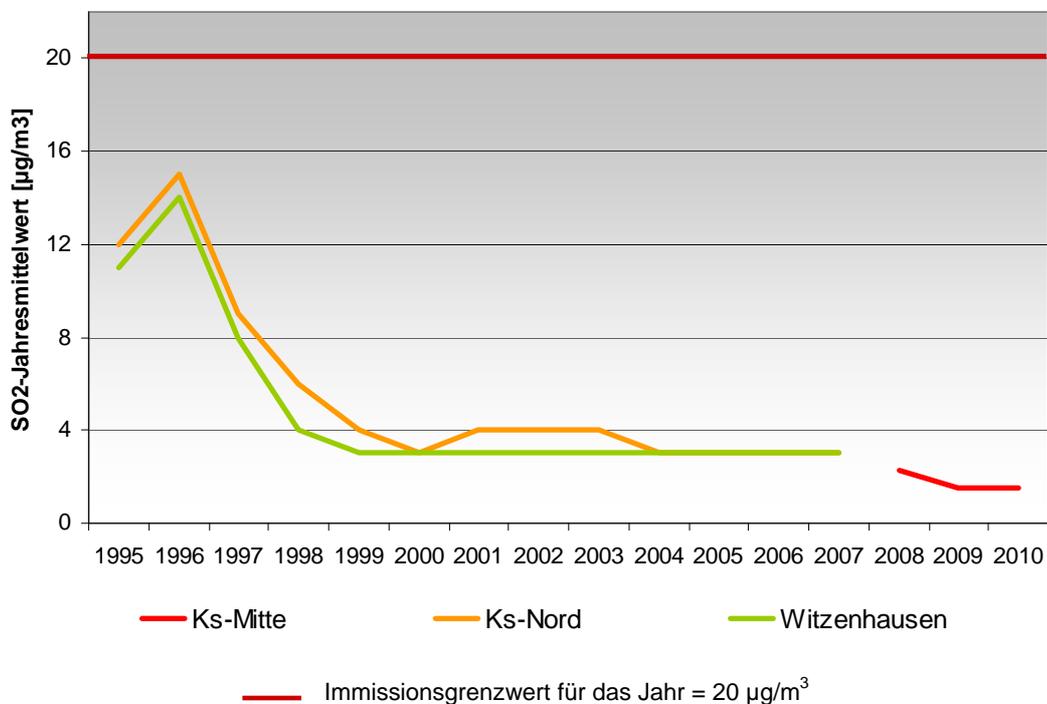
Die Messwerte aller hessischen Luftmessstationen können stundenaktuell, aber auch als Tages- oder Monatsmittelwerte auf der Homepage des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) abgerufen werden (<http://www.hlug.de/medien/luft/messnetz/index.htm>). Die hohe Datenqualität beruht auf spezifischen gesetzlichen Vorgaben zur Messgenauigkeit kontinuierlicher Messungen und den eingesetzten Methoden sowie auf der langjährigen Erfahrung

des HLUG im Umgang mit Messungen. Mit Ausnahme von Blei werden die Messwerte stündlich aktualisiert. Die ausgewerteten Ergebnisse des Luftmessnetzes werden im Lufthygienischen Monatsbericht des HLUG veröffentlicht. Der Lufthygienische Jahresbericht basiert auf den gleichen Messergebnissen, erlaubt aber die Betrachtung der Immissionsituation über einen längeren Zeitraum.

### 3.1.2 Entwicklung der Messwerte

#### 3.1.2.1 Schwefeldioxid

Schwefeldioxid entsteht insbesondere bei der Verbrennung schwefelhaltiger fossiler Brennstoffe wie Kohle und Erdöl. In den siebziger und achtziger Jahren kam es durch die Emissionen von Schwefeldioxid aus den Feuerungsanlagen vor allem im Winterhalbjahr zu den berüchtigten Smogereignissen.



**Abbildung 11:** Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

Bei Inversionswetterlagen führten die hohen Schwefeldioxid-, Staub- und Rußkonzentrationen zu gesundheitsschädlichen, nebelähnlichen Luftverschmutzungen. Die Folge waren Einschränkungen im Verkehr und bei Industrieanlagen. Die Luftqualität hat sich seit den 70iger Jahren sehr verbessert. Vor allem bei Schwefeldioxid konnten die Immissionskonzentrationen durch Maßnahmen an Industrieanlagen in den 80ziger und 90ziger Jahren so weit verringert werden, dass seit Jahren der Immissionsgrenzwert deutlich unterschritten wird.

Schwefeldioxid wird nur an den Messstationen des ländlichen oder städtischen Hintergrunds gemessen. Die Messung von Schwefeldioxid wurde nicht an allen Messstationen kontinuierlich vorgenommen. Seit 2008 wird an der Messstation Witzenhausen kein SO<sub>2</sub> mehr gemessen.

### 3.1.2.2 Benzol

Bis zum Jahr 2000 wurde Benzol, ein natürlicher Bestandteil des Rohöls, dem Kraftstoff beigegeben, da es dazu beigetragen hat, dass der Kraftstoff kloppfrei verbrennt. Aufgrund seiner krebserregenden Wirkung ist seither keine Zumischung mehr erlaubt. Die maximale Konzentration im Kraftstoff darf 1,0 Vol% nicht überschreiten. Mit dem Verbot der Beimischung von Benzol gingen die Schadstoffkonzentrationen deutlich zurück.

Da Benzol im Wesentlichen durch Verkehrsabgase emittiert wird, wird der Schadstoff nur an verkehrsbezogenen Messstationen gemessen.

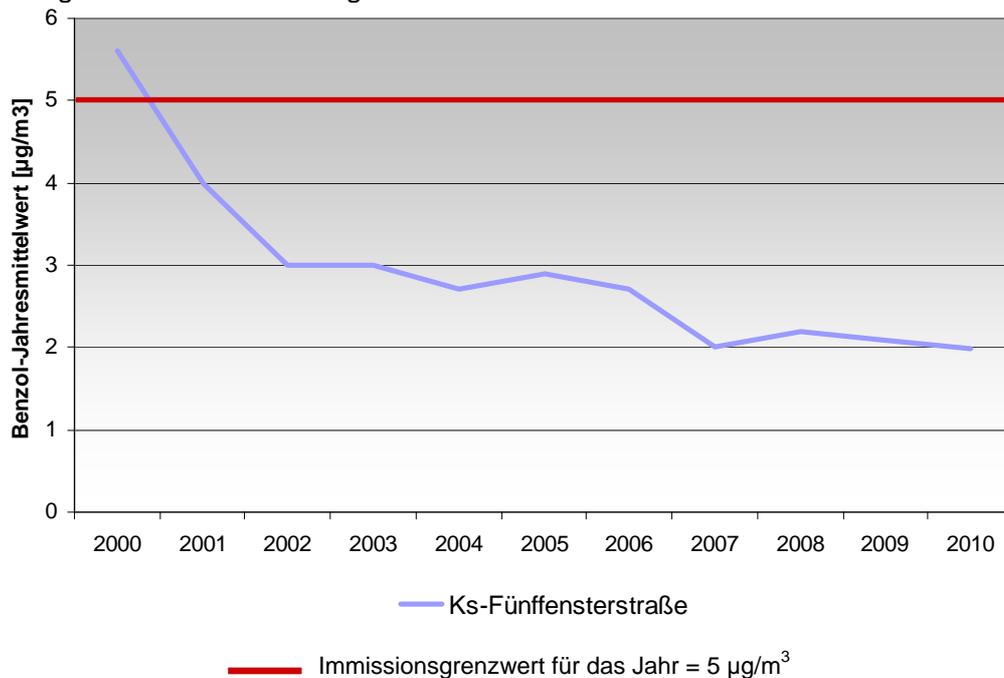


Abbildung 12: Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Benzol

### 3.1.2.3 Feinstaub

Unter dem Begriff „Feinstaub“ (PM<sub>10</sub>) ist kein definierter Stoff zu verstehen, sondern es werden alle Partikel, also Teilchen mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer (µm) darunter subsumiert.

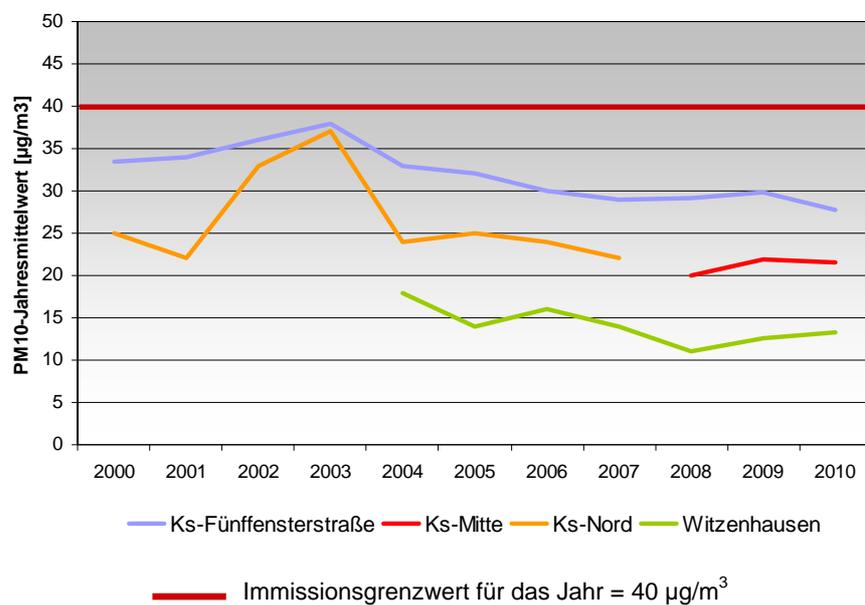
Feinstaub wird erst seit dem Jahr 2000 gemessen, da für diese Staubkorngröße erst mit der 1. Tochterrichtlinie [2] aus dem Jahr 1999 ein Grenzwert festgelegt wurde. Vorher wurden die Konzentrationen von Schwebstaub gemessen, der auch größere Teilchen enthält.

Diese Teilchen können völlig unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung und Herkunft sein. Insbesondere werden Salze wie Sulfate, Nitrate, Chloride oder organisch gebundener Kohlenstoff dazu gezählt. Ein Teil des Feinstaubes stammt von natürlichen Quellen wie Seesalz, Saharastaub, bestimmte Pollen oder auch Bodenverwehungen von brach liegenden Flächen.

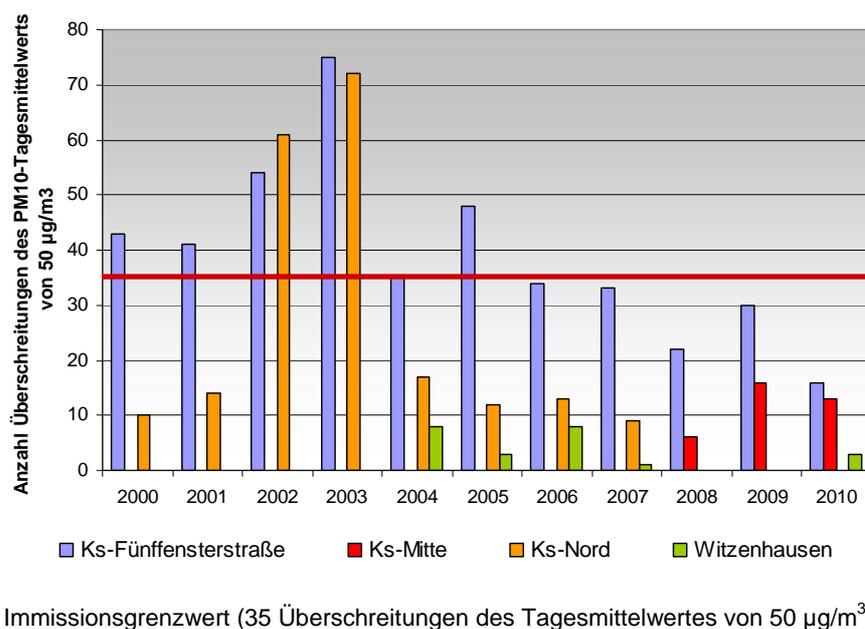
Seit Januar 2010 werden auch Teilchen einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 2,5 µm gemessen. Nach EU-Vorgaben gibt es einen Zielwert in Höhe von 25 µg/m<sup>3</sup> für die Einhaltung von PM<sub>2,5</sub>, der nach Möglichkeit nicht überschritten werden soll. Dieser Zielwert wird im Jahr 2015 in gleicher Höhe zu einem verbindlichen Grenzwert umgewandelt. PM<sub>2,5</sub> wird im Ballungsraum Kassel an der Messstation Kassel-Mitte gemessen. Da es sich hier um eine gravimetrische Bestimmung der Konzentration handelt, können diese Messwerte nicht aktuell auf den Internetseiten des HLUg eingesehen werden.

Für Feinstaub existieren zwei Immissionsgrenzwerte. Ein Jahresmittelwert sowie ein Tagesmittelwert, der nicht öfter als 35mal im Jahr überschritten werden darf. Die Fa. IVU Umwelt GmbH hat einen statistischen Zusammenhang zwischen dem PM10-Jahresmittelwert und der Anzahl an Tagen mit einem PM10-Tagesmittelwert über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durch Auftragung der Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Tagesmittelwertes gegen die jeweiligen Jahresmittelwerte hergestellt. Nachzulesen in den „Ausbreitungsberechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel“ der IVU Umwelt GmbH ([http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/luft/luftreinhalteplaene/Ausbreitungsrechnungen\\_Nord\\_und\\_Mittelhessen\\_Lahn-Dill\\_%20Kassel.pdf](http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/luft/luftreinhalteplaene/Ausbreitungsrechnungen_Nord_und_Mittelhessen_Lahn-Dill_%20Kassel.pdf)). Die so erhaltene Funktion zeigt, dass bei einem Jahresmittelwert von ca.  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Grenzwert von 35 Tagen mit Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes erreicht wird.

Die Entwicklung des Jahresmittelwertes wird in Abbildung 13 dargestellt, die Entwicklung der Anzahl an Überschreitungen des Tagesmittelwertes in Abbildung 14.



**Abbildung 13:** Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Feinstaub (PM10)



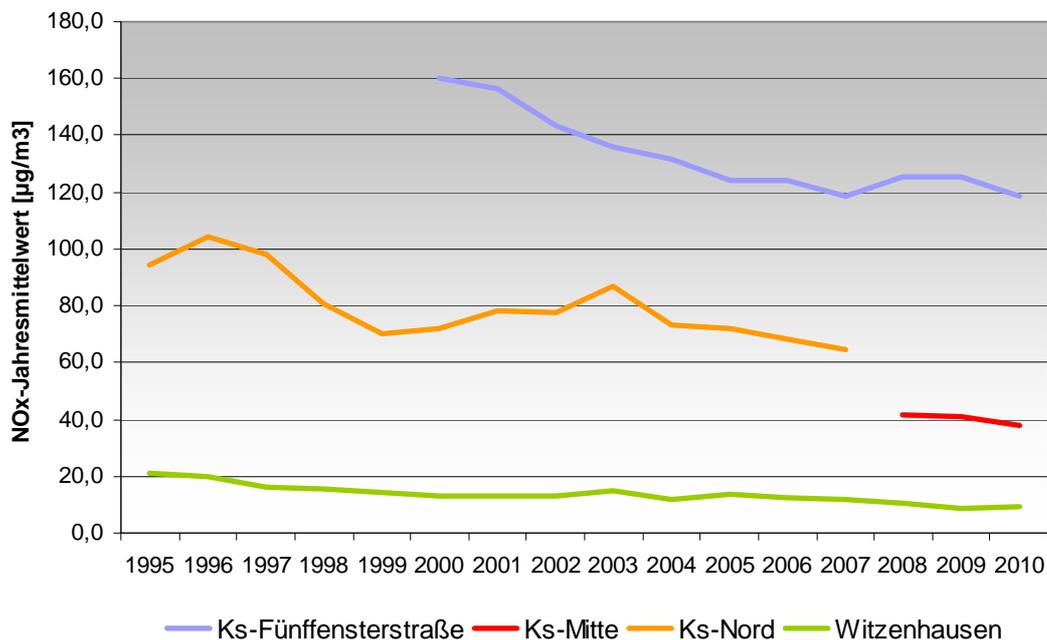
**Abbildung 14:** Entwicklung der Luftschadstoffbelastung mit Feinstaub als Anzahl an Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes im Jahr

Der steigende Einfluss anthropogen verursachter Emissionen wird an dem Abstand der Messwerte der in den verschiedenen Bereichen liegenden Messstationen sichtbar. Deutlich wird aber auch der hohe Beitrag aus dem Ferntransport, der selbst an von menschlichen Einflüssen weitgehend unbelasteten Standorten wie Witzenhausen zu relativ hohen Feinstaubkonzentrationen führt.

### 3.1.2.4 Stickstoffoxide (NO und NO<sub>2</sub>)

Stickstoffoxide, d.h. Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) entstehen im Wesentlichen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Direkt nach der Verbrennungseinrichtung werden die Stickstoffoxide überwiegend in Form von NO emittiert und nur in geringem Anteil in Form von NO<sub>2</sub>. Das NO wird an der Luft relativ schnell zu NO<sub>2</sub> oxidiert, weshalb vor allem an emissionsfernen Standorten, wie den Luftmessstationen des ländlichen Raums, fast nur noch NO<sub>2</sub> gemessen wird.

Um die Gesamtemissionen der Stickstoffoxide besser einschätzen zu können, wird die gemessene Konzentration des Stickstoffmonoxids so umgerechnet, als wenn es sich bereits zu Stickstoffdioxid umgewandelt hätte. Zusammen mit der gemessenen Konzentration von Stickstoffdioxid erhält man eine Gesamtstickstoffoxidkonzentration (NO<sub>x</sub>). Diese Gesamtstickstoffoxidkonzentration ist auch deshalb von Bedeutung, weil z.B. Emissionsgrenzwerte bei Fahrzeugen oder Industrieanlagen ausschließlich auf NO<sub>x</sub> bezogen sind.



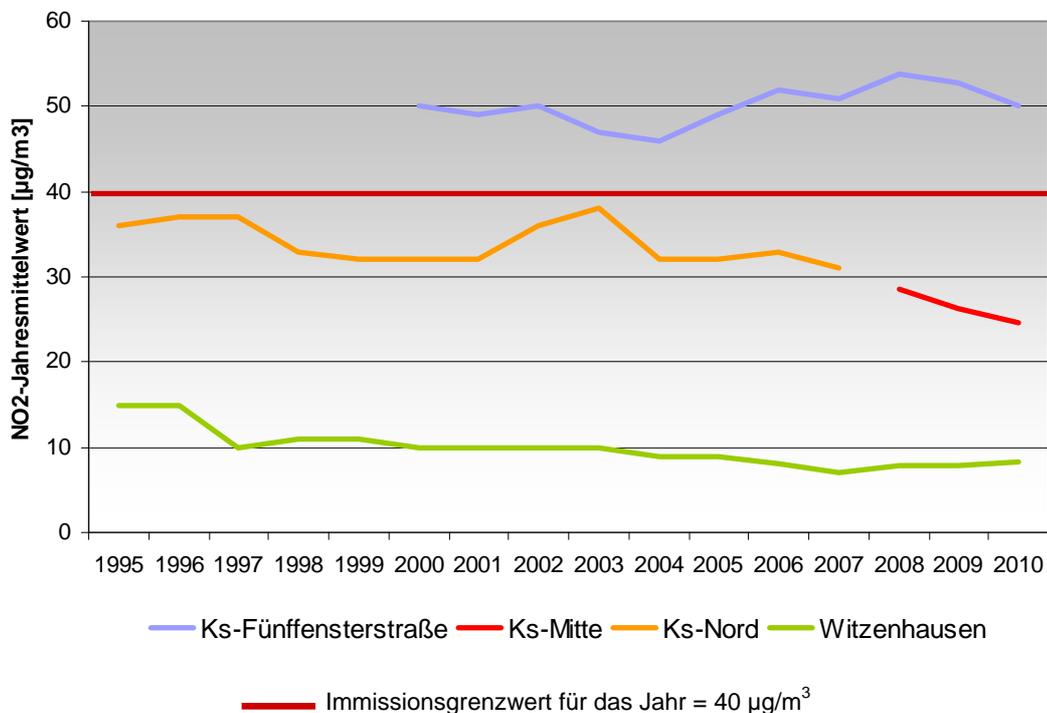
**Abbildung 15:** Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub> = NO<sub>2</sub> + NO, gerechnet als NO<sub>2</sub>)

Die NO<sub>x</sub>-Emissionsgrenzwerte wurden in den letzten Jahrzehnten sukzessive verschärft. Dies betrifft sowohl Emissionsgrenzwerte für die Industrie als auch für den Verkehrsbereich, wobei der Anteil von NO<sub>2</sub> selbst nicht begrenzt wurde. Für die Luftqualität ist jedoch der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid von Bedeutung, da er zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt wurde. Der NO<sub>x</sub>-Immissionsgrenzwert gilt lediglich zum Schutz der Vegetation und ist nur an Standorten gültig, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen be-

bauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder mindestens vierspurigen Bundesfernstraßen entfernt sind. Derartige Standorte existieren in Hessen nicht.

Die Messergebnisse an allen Messstationen belegen den Trend deutlich abnehmender  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen. Die Wirksamkeit der verschärften Emissionsgrenzwerte bei Fahrzeugen durch die Euro-Normen lässt sich gerade an verkehrsbezogenen Luftmessstationen beobachten, die die Schadstoffkonzentrationen in direkter Nachbarschaft zu den Fahrzeugemissionen messen. Die Reduzierung der Gesamtkonzentration von Stickstoffoxiden ist zwar erfreulich, zeigt sie doch, dass emissionsmindernde Maßnahmen greifen, sie reicht aber nicht aus, um das Problem gesundheitsgefährdend hoher Stickstoffdioxidkonzentrationen zu lösen.

Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) ist dagegen nahezu überall in der Außenluft einzuhalten. Die EU-Richtlinie lässt einige wenige Ausnahmen z.B. auf den Mittelstreifen von Straßen zu. Die Messungen zeigen, dass die zulässigen  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen praktisch an allen verkehrsbezogenen Messstationen weit überschritten sind. Ein Vergleich mit den Messergebnissen der Stationen des städtischen Hintergrunds macht deutlich, dass die Überschreitungen im Wesentlichen von den Verkehrsabgasen verursacht werden.



**Abbildung 16:** Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )

Die entgegen dem deutlich fallenden Trend der  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen unverändert hohen bzw. in den letzten Jahren sogar ansteigenden  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen, die insbesondere an den verkehrsbezogenen Messstationen registriert werden, zeigen eine Entwicklung der motorbedingten Abgasemissionen, die in dieser Form nicht vorausgesehen wurde.

Die unverändert hohen Stickstoffdioxidkonzentrationen bedeuten, dass der Anteil des direkt emittierten  $\text{NO}_2$  inzwischen deutlich höher liegt, als dies noch vor 10 Jahren der Fall war. Mitte der neunziger Jahre betrug der Anteil des direkt emittierten  $\text{NO}_2$  am Gesamtstickstoffoxidausstoß ca. 5 %. Innerhalb von nur zehn bis fünfzehn Jahren stieg er auf 20 bis 25 % an. Vor allem Diesel-Pkw mit eingebautem Partikelfilter können bis zu 80 % der Stickstoffoxide direkt als Stickstoffdioxid emittieren [12]. Bei Fahrzeugen mit Otto-Motor (Benziner) sind die Stickstoff-

oxidemissionen insgesamt sehr gering und auch das Verhältnis von direkt emittiertem NO<sub>2</sub> zum Gesamtstickstoffoxidausstoß (NO<sub>x</sub>) ist niedrig. Dieselfahrzeuge emittieren generell mehr Stickstoffoxide, wobei erst ab Euro 5 der Anteil des direkt emittierten Stickstoffdioxids gegenüber Fahrzeugen der Euronormen zwei bis vier wieder sinkt. Ab Euro 3 geht der Gesamtstickstoffoxidausstoß jedoch zurück.

## 3.2 Beurteilung der Luftqualität aufgrund von Ausbreitungsrechnungen

### 3.2.1 Ermittlung der Verursacheranteile

Mit Ausbreitungsrechnungen lässt sich die Verteilung von Luftschadstoffen in der Atmosphäre in Rechenmodellen nachvollziehen. Mit Hilfe solcher Modellrechnungen kann eine Aussage über den Ferneintrag von Schadstoffen mit der in den Ballungsraum strömenden Luft als auch die Anteile der Emissionen aus Industrie, Gebäudeheizung und dem Kfz-Verkehr getroffen werden. Für die Modellierung der Schadstoffkonzentrationsverhältnisse im Straßenraum wird ein Ausbreitungsmodell genutzt, das den Transport, die chemische Umwandlung der Schadstoffe, die Turbulenzen sowie die Verteilung der Einströmung in der Straßenschlucht berechnet.

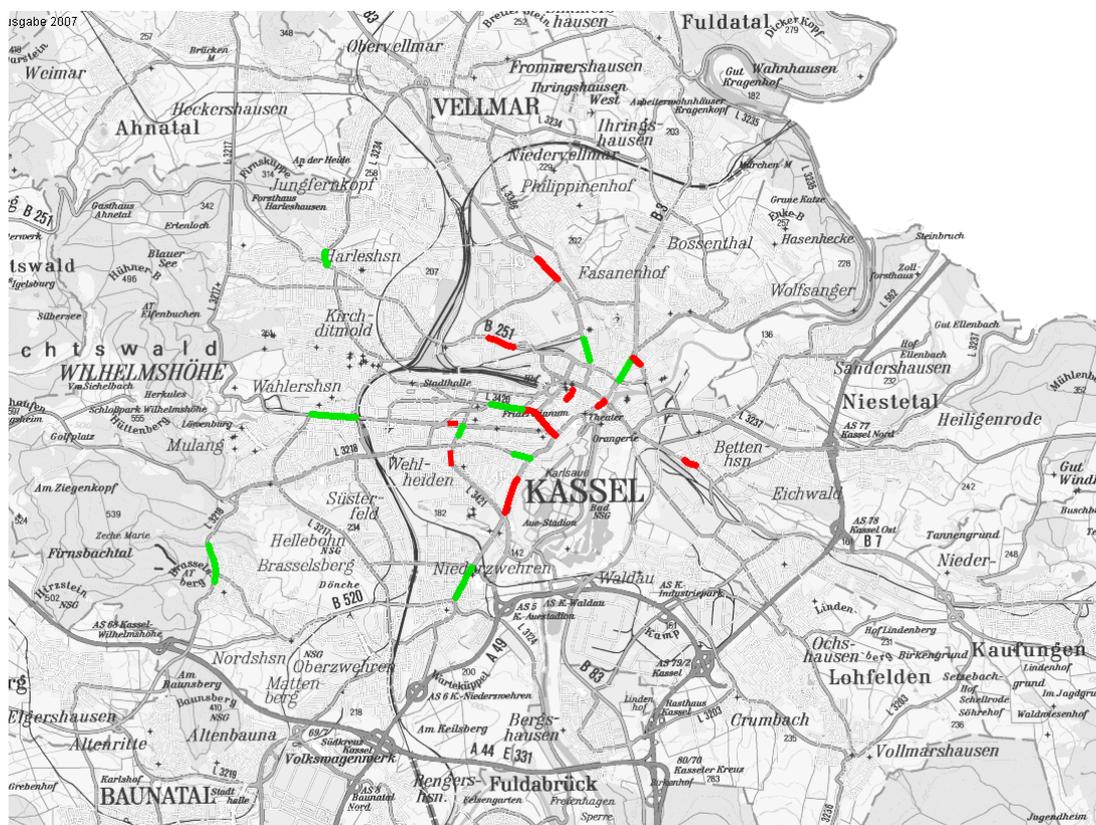
Für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel wurde eine Modellrechnung beauftragt, die mittels des photochemischen Transportmodells REM-CALGRID (RCG) den Ferntransport sowie die städtische Vorbelastung in diesen Bereichen berechnet. Die Zusatzbelastung des Straßenraums wurde für 20 Straßenabschnitte im Ballungsraum Kassel mit dem Canyon-Plume-Modell (CPB) ergänzt. Das komplette Gutachten ist auf der Internetseite des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie unter [http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/luft/luftreinhalteplaene/Ausbreitungsrechnungen\\_Nord\\_und\\_Mittelhessen\\_Lahn-Dill\\_%20Kassel.pdf](http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/luft/luftreinhalteplaene/Ausbreitungsrechnungen_Nord_und_Mittelhessen_Lahn-Dill_%20Kassel.pdf) eingestellt und kann dort eingesehen oder heruntergeladen werden. Hier werden auch die genauen Eingangsparameter aufgeführt, die Grundlage der Berechnungen waren.

	Gesamtbelastung [µg/m <sup>3</sup> ]	Ferntransport/ Hintergrund [%]	Städtische Zusatzbelastung [%]				Zusatzbelastung lokaler Verkehr [%]
			Sonstiges	Industrie	Gebäude	Verkehr	
Brüderstraße 5	54,1	11,4	4,6	1,7	6,2	21,3	54,8
Fünffensterstraße 14	48,6	12,6	5,2	1,9	6,9	22,9	50,6
Frankfurter Straße 102	48,7	12,3	5,8	1,5	7,1	23,7	49,7
Frankfurter Straße 247	33,6	17,7	7,7	1,9	9,1	35,8	27,9
Friedrich-Ebert-Straße 32	37,2	16,4	8,0	2,3	9,8	30,7	32,8
Holländische Straße 28	39,6	15,6	6,8	2,2	8,8	29,6	37,0
Holländische Straße 157	50,2	12,5	6,1	1,5	7,4	20,6	51,9
Ihringshäuser Straße 43	32,9	19,1	8,3	2,6	10,7	32,3	27,0
Kohlenstraße 40	44,1	13,8	7,5	1,3	8,8	24,5	44,0
Konrad-Adenauer-Straße 73	18,2	33,6	6,5	2,4	9,0	37,3	11,3
Leipziger Straße 159	45,0	13,4	5,5	1,6	7,3	30,1	42,0
Mauerstraße 11	51,7	11,9	5,2	1,7	6,8	21,8	52,6

	Gesamtbelastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ferntransport/ Hintergrund [%]	Städtische Zusatzbelastung [%]				Zusatzbelastung lokaler Verkehr [%]
			Sonstiges	Industrie	Gebäude	Verkehr	
Obervellmarer Straße 4	32,9	19,4	6,3	1,4	9,8	26,0	37,1
Schönfelder Straße 6	36,8	16,6	9,4	1,8	10,7	30,3	31,2
Schönfelder Straße 50	56,6	10,7	5,4	1,2	6,6	20,1	56,0
Tischbeinstraße 18	34,4	17,6	8,1	2,6	10,2	32,8	28,7
Weserstraße 17	36,3	17,1	7,0	2,8	9,4	30,3	33,4
Wilhelmshöher Allee 286	30,8	20,2	7,4	1,8	10,9	30,2	29,5
Wolfhager Straße 124	46,5	13,3	7,8	1,6	8,6	22,0	46,8
Ysenburgstraße 29	44,4	14,0	5,7	2,3	7,7	24,8	45,6
<b>Mittelwert</b>	<b>41,1</b>	<b>16,0</b>	<b>6,7</b>	<b>1,9</b>	<b>8,6</b>	<b>27,3</b>	<b>39,5</b>

**Tabelle 5:** Berechnete Anteile der verschiedenen Emittenten an (berechneten) Jahresmittelwerten von  $\text{NO}_2$  (Bezugsjahr: 2008)

Bei Stickstoffdioxid entspricht der Anteil des Ferntransports in etwa dem regionalen Hintergrundniveau, den z.B. auch die Messstation in Witzzenhausen im Jahr 2008 aufgezeigt hat. Er trägt mit 16 % oder gut  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zur Belastung mit Stickstoffdioxid bei. Die Berechnungsergebnisse belegen den hohen Anteil des Kfz-Verkehrs an der Schadstoffbelastung, der zum einen bereits in der städtischen Zusatzbelastung den mit Abstand höchsten Anteil einnimmt und durchschnittlich noch einmal 40 % lokale Zusatzbelastung liefert.



**Abbildung 17:** Graphische Darstellung der Belastung der untersuchten Straßenzüge mit Stickstoffdioxid ( $\text{---}$   $< 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $\text{---}$   $> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Gesamtbelastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ferntransport/ Hintergrund [%]	Städtische Zusatzbelastung [%]					Zusatzbelastung lokaler Verkehr [%]
			unbekannt	Sonstiges	Industrie	Gebäude	Verkehr	
Brüderstraße 5	28,4	33,0	9,6	7,4	0,6	2,7	6,8	40,0
Fünfensterstraße 14	26,0	36,1	10,4	8,3	0,6	2,9	6,9	34,7
Frankfurter Straße 102	28,5	32,7	9,6	8,1	0,6	2,8	6,3	39,9
Frankfurter Straße 247	21,7	42,8	12,7	11,2	0,8	3,3	8,6	20,6
Friedrich-Ebert-Straße 32	22,4	42,0	12,4	9,9	0,7	3,8	8,7	22,6
Holländische Straße 28	24,8	37,8	11,1	8,4	0,6	3,3	8,3	30,5
Holländische Straße 157	29,1	32,6	9,5	7,4	0,5	3,0	6,6	40,3
Ihringshäuser Straße 43	20,4	46,1	13,3	10,1	0,8	4,1	8,8	16,9
Kohlenstraße 40	25,7	36,5	11,0	10,3	0,6	3,4	7,1	31,0
Konrad-Adenauer-Straße 73	15,5	58,6	15,1	12,1	0,9	2,3	5,5	5,5
Leipziger Straße 159	26,5	34,9	10,2	7,4	0,6	2,9	7,8	36,1
Mauerstraße 11	22,9	41,1	12,0	9,4	0,7	3,6	8,4	24,9
Obervellmarer Straße 4	21,9	43,0	11,9	8,7	0,6	3,2	6,9	25,7
Schönfelder Straße 6	22,9	41,0	12,3	10,6	0,7	4,0	8,6	22,8
Schönfelder Straße 50	32,2	29,1	8,7	7,5	0,5	2,6	6,0	45,6
Tischbeinstraße 18	21,3	44,0	12,8	10,4	0,8	3,8	8,6	19,5
Weserstraße 17	21,8	42,9	12,3	9,4	0,7	3,6	8,2	22,8
Wilhelmshöher Allee 286	19,7	47,4	13,4	10,9	0,8	3,7	7,9	16,0
Wolfhager Straße 124	28,8	32,8	9,7	8,2	0,6	3,2	6,2	39,4
Ysenburgstraße 29	25,3	37,0	10,6	8,1	0,6	3,1	7,1	33,4
<b>Mittelwert</b>	<b>24,3</b>	<b>39,6</b>	<b>11,4</b>	<b>9,2</b>	<b>0,7</b>	<b>3,3</b>	<b>7,5</b>	<b>28,4</b>

**Tabelle 6:** Berechnete Anteile der verschiedenen Emittenten an (berechneten) Jahresmittelwerten von PM10 (Bezugsjahr: 2008)

Die berechneten Feinstaub-Gesamtbelastungen liegen mit Ausnahme der Schönfelder Straße 50 alle unterhalb einer Schwelle von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei Einhaltung eines Jahresmittelwertes von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist davon auszugehen, dass es zu nicht mehr als den zulässigen 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes im Jahr kommt. Dieser statistische Zusammenhang wurde von der Fa. IVU Umwelt GmbH ermittelt, die auch die Berechnungen der Belastung im Ballungsraum Kassel vorgenommen hat.

Da nur ein Teil der tatsächlichen Vorbelastung mit PM10 im Emissionskataster enthalten ist, wurde bei der Bildung der Gesamtbelastung die PM10-Vorbelastungskonzentrationen pauschal um 19 % erhöht, um die systematische Unterschätzung der PM10-Vorbelastung in erster Näherung zu korrigieren. So werden Emissionen z. B. von nicht der Emissionserklärungspflicht unter-

liegenden Anlagen, von Gebäudeheizungen unterhalb der überprüfungspflichtigen Leistung, aus der Landwirtschaft, windbedingte Staubaufwirbelung von naturbelassenen Böden oder in Stadtgebieten durch Baustellentätigkeiten u.ä.m. nicht im Emissionskataster erfasst. Darüber hinaus kann das Modell die komplexe Bildung von Partikeln aus gasförmigen Primäremissionen nur stark vereinfacht erfassen. Nähere Ausführungen zu diesem Thema können dem Gutachten unter

[http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/luft/luftreinhalteplaene/Ausbreitungsrechnungen\\_Nord\\_und\\_Mittelhessen\\_Lahn-Dill\\_%20Kassel.pdf](http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/luft/luftreinhalteplaene/Ausbreitungsrechnungen_Nord_und_Mittelhessen_Lahn-Dill_%20Kassel.pdf) entnommen werden.

Der Anteil des über Ferntransport in die Region eingetragenen Feinstaubes liegt mit durchschnittlich 40 % relativ hoch. Das hat zur Folge, dass ein großer Teil der Feinstaubbelastung nicht mit regionalen oder lokalen Maßnahmen beeinflussbar ist.

Für beide Luftschadstoffe (NO<sub>2</sub> und PM10) unterschätzt das Modell leicht, was sich aus einem Vergleich der berechneten Jahresmittelwerte mit den gemessenen Jahresmittelwerten für das Jahr 2008 ergibt (siehe Tabelle 7).

	PM10			NO <sub>2</sub>		
	Messung	Modell	Abweichung [%]	Messung	Modell	Abweichung [%]
Kassel-Fünffensterstraße	29,1	26,0	-10,7	53,8	48,6	-9,7

**Tabelle 7:** Vergleich der gemessenen Jahresmittelwerte 2008 mit der modellierten Gesamtbelastung für das Bezugsjahr 2008

Der Vergleich der berechneten Werte mit den Messwerten zeigt, dass das von der EU vorgegebene Qualitätsziel für Modellrechnungen erreicht wird.

### 3.2.2 Minderungsszenarien

Aus dem Emissionskataster Hessen lassen sich als Hauptemittenten für Stickstoffoxide im Ballungsraum Kassel an erster Stelle der Verkehr und danach die Industrie ablesen (siehe Tabelle 11).

Beim Verkehr und seinen Auswirkungen auf den Ballungsraum spielen die stark befahrenen Autobahnen um Kassel eine große Rolle. Um diesen Einfluss besser quantifizieren zu können wurde ein Szenario ohne Emissionen dieser Autobahnen und die daraus folgenden Auswirkungen auf die Immissionssituation in den untersuchten Straßenzügen berechnet (Szenario 1). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Emissionen des Autobahnverkehrs lediglich auf den Verkehrsanteil an der städtischen Zusatzbelastung auswirken.

Bei den im Ballungsraum angesiedelten Industrieunternehmen emittiert das Fernwärmekraftwerk in Kassel die höchste Menge an Stickstoffoxiden. Dem Kraftwerk kommt eine zentrale Bedeutung für die Daseinsvorsorge zu. An zweiter Stelle folgt bereits eine große Industrieanlage in der Stadt Baunatal. Mittels einer hypothetischen Abschaltung der Emissionen dieser Anlage wird untersucht, wie hoch der Einfluss industrieller Tätigkeiten auf die Immissionsbelastung im Ballungsraum Kassel ist (Szenario 2).

	Berechnungen (Stand 2008)			Szenario 1 (ohne Autobahnemissionen)		Szenario 2 (ohne Industrieemissionen Baunatal)	
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Anteil Verkehr [%]	Anteil Industrie [%]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[%]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[%]
Brüderstraße 5	54,1	21,3	1,7	52,2	-3,6	54,1	-0,1
Fünffensterstraße 14	48,6	22,9	1,9	46,5	-4,2	48,5	-0,1
Frankfurter Straße 102	48,7	23,7	1,5	45,9	-5,8	48,7	-0,2
Frankfurter Straße 247	33,6	35,8	1,9	29,7	-11,7	33,5	-0,4
Friedrich-Ebert-Straße 32	37,2	30,7	2,3	34,9	-6,2	37,1	-0,2
Holländische Straße 28	39,6	29,6	2,2	37,5	-5,1	39,5	-0,2
Holländische Straße 157	50,2	20,6	1,5	48,9	-2,5	50,2	-0,1
Ihringhäuser Straße 43	32,9	32,3	2,6	31,0	-5,8	32,8	-0,2
Kohlenstraße 40	44,1	24,5	1,3	42,1	-4,6	44,0	-0,2
Konrad-Adenauer-Straße 73	18,2	37,3	2,4	15,3	-15,9	18,1	-0,3
Leipziger Straße 159	45,0	30,1	1,6	40,9	-9,1	44,9	-0,1
Mauerstraße 11	51,7	21,8	1,7	49,9	-3,6	51,7	-0,1
Obervellmarer Straße 4	32,9	26,0	1,4	31,9	-2,8	32,8	-0,2
Schönfelder Straße 6	36,8	30,3	1,8	34,9	-5,3	36,7	-0,3
Schönfelder Straße 50	56,6	20,1	1,2	54,6	-3,6	56,5	-0,2
Tischbeinstraße 18	34,4	32,8	2,6	31,8	-7,6	34,3	-0,3
Weserstraße 17	36,3	30,3	2,8	34,2	-5,8	36,3	-0,2
Wilhelmshöher Allee 286	30,8	30,2	1,8	29,3	-5,0	30,7	-0,3
Wolfhager Straße 124	46,5	22,0	1,6	45,0	-3,2	46,5	-0,2
Ysenburgstraße 29	44,4	24,8	2,3	42,4	-4,4	44,3	-0,1
<b>Mittelwert</b>	<b>41,14</b>	<b>27,3</b>	<b>1,9</b>	<b>38,95</b>	<b>-5,8</b>	<b>41,06</b>	<b>-0,2</b>

**Tabelle 8:** Minderungswirkung der verschiedenen Szenarien auf die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung

Die Berechnungen zeigen, dass sich die Verkehrsemissionen der Autobahnen A 7, A 44 und A 49, trotz des hohen Verkehrsaufkommens, das zwischen ca. 80.000 auf der A 7 und 50.000 bis 52.000 auf der A 44 bzw. A 49 liegt, doch nur geringfügig auf die Belastungssituation vor Ort auswirken. Eine Minderung von durchschnittlich knapp  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einer kompletten Sperrung der Autobahnen zeigt auf, dass z. B. ein Tempolimit sich nicht nachweisbar auf die Belastungssituation in den belasteten Straßenzügen im Ballungsraum auswirken würde.

Noch geringer sind die Auswirkungen bei einer Abschaltung der größten Industrieanlage in Baunatal. Die Berechnungen bestätigen, dass eine entsprechende Abreinigung der Emissionen und eine die Ablufführung über angemessen hohe Kamine zur Gewährleistung einer freien Abströmung der Luftschadstoffe, die Belastungen für die Nachbarschaft und Umgebung in sehr engen Grenzen hält. Gleichzeitig wird deutlich, dass Maßnahmen zur Verringerung von industriellen Emissionen praktisch keinen Einfluss auf die örtliche Belastungssituation mit Stickstoffdioxid entfalten können.

	Berechnungen (Stand 2008)			Szenario 1 (ohne Autobahnemissionen)		Szenario 2 (ohne Industrie- emissionen Baunatal)	
	[µg/m <sup>3</sup> ]	Anteil Verkehr [%]	Anteil Industrie [%]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[%]
Brüderstraße 5	28,4	6,8	0,6	28,1	-0,9	28,4	-0,004
Fünffensterstraße 14	26,0	6,9	0,6	25,7	-1,1	26,0	-0,006
Frankfurter Straße 102	28,5	6,3	0,6	28,1	-1,3	28,5	-0,012
Frankfurter Straße 247	21,7	8,6	0,8	21,2	-2,1	21,7	-0,021
Friedrich-Ebert-Straße 32	22,4	8,7	0,7	22,1	-1,2	22,4	-0,11
Holländische Straße 28	24,8	8,3	0,6	24,6	-0,9	24,8	-0,004
Holländische Straße 157	29,1	6,6	0,5	28,9	-0,6	29,1	-0,004
Ihringshäuser Straße 43	20,4	8,8	0,8	20,2	-1,0	20,4	-0,005
Kohlenstraße 40	25,7	7,1	0,6	25,4	-1,0	25,7	-0,019
Konrad-Adenauer–Straße 73	15,5	5,5	0,9	15,2	-1,5	15,5	-0,01
Leipziger Straße 159	26,5	7,8	0,6	26,0	-1,8	26,5	-0,003
Mauerstraße 11	22,9	8,4	0,7	22,6	-1,1	22,9	-0,007
Obervellmarer Straße 4	21,9	6,9	0,6	21,9	-0,4	21,9	-0,006
Schönfelder Straße 6	22,9	8,6	0,7	22,7	-1,0	22,9	-0,016
Schönfelder Straße 50	32,2	6,0	0,5	31,9	-0,8	32,2	-0,012
Tischbeinstraße 18	21,3	8,6	0,8	21,0	-1,4	21,3	-0,013
Weserstraße 17	21,8	8,2	0,7	21,6	-1,1	21,8	-0,004
Wilhelmshöher Allee 286	19,7	7,9	0,8	19,6	-0,7	19,7	-0,015
Wolfhager Straße 124	28,8	6,2	0,6	28,6	-0,7	28,8	-0,008
Ysenburgstraße 29	25,3	7,1	0,6	25,1	-0,9	25,3	-0,004
<b>Mittelwert</b>	<b>24,29</b>	<b>7,5</b>	<b>0,7</b>	<b>24,03</b>	<b>-1,1</b>	<b>24,29</b>	<b>-0,01</b>

**Tabelle 9:** Minderungswirkung der verschiedenen Szenarien auf die PM10-Gesamtbelastung

Auf die Feinstaubkonzentration im Ballungsraum wirken sich beide Emissionsminderungen nicht aus.

## 4 Ursprung der Verschmutzung

### 4.1 Verursacher von Luftschadstoffen

Luftschadstoffe sind sowohl anthropogenen (vom Menschen geschaffen) als auch biogenen (von Lebewesen geschaffen) oder geogenen (von der Erde geschaffen) Ursprungs. Dies trifft insbesondere für Feinstaub (PM10) zu, der in manchen Teilen Europas in nicht unerheblichen Teilen aus Quellen stammt (z.B. Meersalzaerosole), die nicht mit Maßnahmen zu beeinflussen sind. Im Gegensatz dazu gehören Stickstoffdioxid oder die Stickstoffoxide insgesamt zu den ganz überwiegend anthropogen verursachten Schadstoffen. Es existieren zwar hierfür auch natürliche Quellen wie z. B. Waldbrände, Vulkanausbrüche, mikrobiologische Reaktionen in Böden oder ähnliches mehr, sie sind jedoch nur in sehr untergeordnetem Maß für die hohen Stickstoffdioxidkonzentrationen in unseren Städten verantwortlich. Stickstoffoxide entstehen in erste Linie bei Verbrennungsvorgängen. Wesentliche Verursacher sind der Verkehr, Industrieanlagen – hier vor allem Kraftwerke – sowie die Gebäudeheizung.

### 4.2 Liste der wichtigsten Emittenten

Das Emissionskataster umfasst die erhobenen Emissionsmengen gasförmiger und staubförmiger Luftverunreinigungen, die von den unterschiedlichen Emittentengruppen (Quellengruppen) freigesetzt werden. Es wird für das Bundesland Hessen vom HLUG geführt [13]. Von den sechs Emittentengruppen

- ▶ **biogene und nicht gefasste Quellen,**
- ▶ **Gebäudeheizung,**
- ▶ **Industrie,**
- ▶ **Verkehr (Kfz-, Schienen- und Schiffsverkehr sowie Flugverkehr bis 300 m über Grund),**
- ▶ **Kleingewerbe und**
- ▶ **privater Verbrauch und Handwerk**

haben Industrie, Gebäudeheizung und Kfz-Verkehr im Hinblick auf die Einhaltung der Grenzwerte der 39. BImSchV die größte Relevanz für die Luftreinhalteplanung. In den 70er und 80er Jahren wurden die Emissionen ausschließlich innerhalb von vier hessischen Untersuchungsgebieten Kassel, Wetzlar, Rhein-Main und Untermain erhoben. Seit den 90er Jahren werden die Emissionskataster landesweit erstellt (siehe Tabelle 10).

Emittentengruppen	Grundlage	Erhebungsjahr <sup>1)</sup>					
Gebäudeheizung	5. BImSchVwV [14]		1994		2000	2006	
Industrie	11. BImSchV [15]	1992	1994	1996	2000	2004	2008
Kfz-Verkehr	5. BImSchVwV [14]	1990/91		1995	2000	2005	

<sup>1)</sup> Der zeitliche Abstand der Erhebungen wird durch die aktuelle gesetzliche Grundlage geregelt (siehe Spalte 2).

**Tabelle 10:** Übersicht der bislang landesweit erstellten Emissionserhebungen

Für die Kfz-Emissionswerte aus der Erhebung für 1990/91 wurden zum damaligen Zeitpunkt Faktoren verwendet, die teilweise aus heutiger Sicht überholt sind. Die Emissionsmengen von Stickstoffoxiden und Stäuben wurden seinerzeit deutlich über- und die von Benzol unterschätzt.

## 4.3 Gesamtmenge der Emissionen

### 4.3.1 Stickstoffoxide

Die Tabelle 11 beschreibt die Emissionsbilanz der Stickstoffoxide NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> + NO, berechnet als NO<sub>2</sub>) für die Stadt Kassel, den Ballungsraum Kassel und Hessen. Es werden die aktuellen Erhebungen dargestellt. Die Emissionsbilanz ist aufgegliedert nach den Emissionsbeiträgen der Emittentengruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kfz-Verkehr.

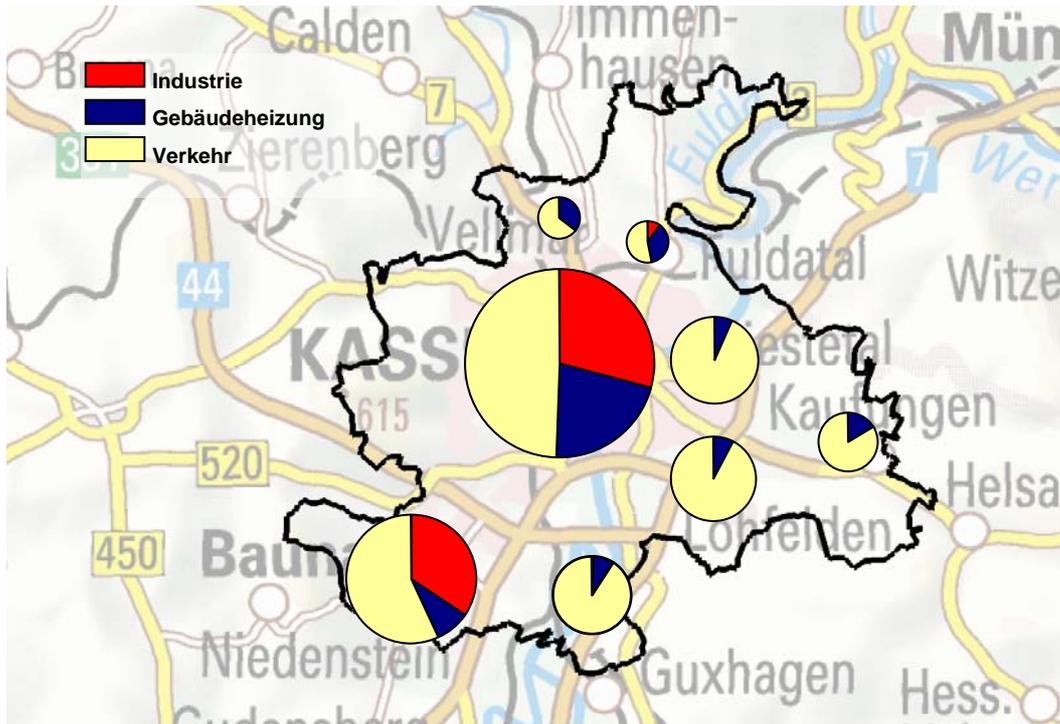
Emittentengruppe	Jahr	Stadt Kassel		Ballungsraum Kassel		Hessen	
		[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]
Gebäudeheizung	2006	303,2	21,4	440,4	13,9	10.883,7	13,0
Industrie	2008	413,2	29,1	651,2	20,6	11.634	13,9
davon Großfeuerungsanlagen [16]	2008	258,2	18,2	308,7	9,8	5.988,1	7,2
Kfz-Verkehr	2005	701,6	49,5	2.049,2	64,8	54.813,3	65,6
Schienerverkehr	2008					799	1,0
Flughafen Kassel-Calden <sup>1)</sup>	2003			22	0,7	22	0,03
Flughafen Frankfurt am Main <sup>2)</sup>	2005					5.383	6,4
<b>Summe</b>		<b>1.418,0</b>	<b>100</b>	<b>3.162,8</b>	<b>100</b>	<b>83.535,0</b>	<b>100</b>

<sup>1)</sup> Vorfeldverkehr sowie Starts und Landungen bis 600 m Höhe

<sup>2)</sup> Vorfeldverkehr sowie Starts und Landungen bis 914 m Höhe

**Tabelle 11:** Emissionsbilanz von NO<sub>x</sub> (Summe von NO und NO<sub>2</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>)

Die räumliche Verteilung der NO<sub>x</sub>-Emissionen der drei Emittentengruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kfz-Verkehr ist für die Städte Baunatal, Kassel und Vellmar sowie die Gemeinden Fuldabrück, Fuldata, Kaufungen, Lohfelden und Niestetal in Abbildung 18 dargestellt. Die Summe der Emissionen wird durch einen farbigen Kreis repräsentiert, dessen Größe proportional zur Emissionsrate ist. Die Kreisfläche ist hierbei in drei Sektoren mit unterschiedlichen Farben entsprechend dem Anteil der drei Emittentengruppen an der Emissionsrate unterteilt.



Kartengrundlage: © GeoBasis-DE /BKG [2008]

**Abbildung 18:** Räumliche Struktur der NO<sub>x</sub>-Emissionen (Summe von NO + NO<sub>2</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>) im Ballungsraum Kassel

Der Verkehr dominiert in allen Ballungsraumkommunen, wobei in der Stadt Kassel doch noch ein nicht unerheblicher Anteil der Gebäudeheizung zuzuschreiben ist.

### 4.3.2 Feinstaub

Entsprechend der Gliederung für die Stickstoffoxide wurden auch die Emissionen der Hauptemittenten von Feinstaub aufgelistet.

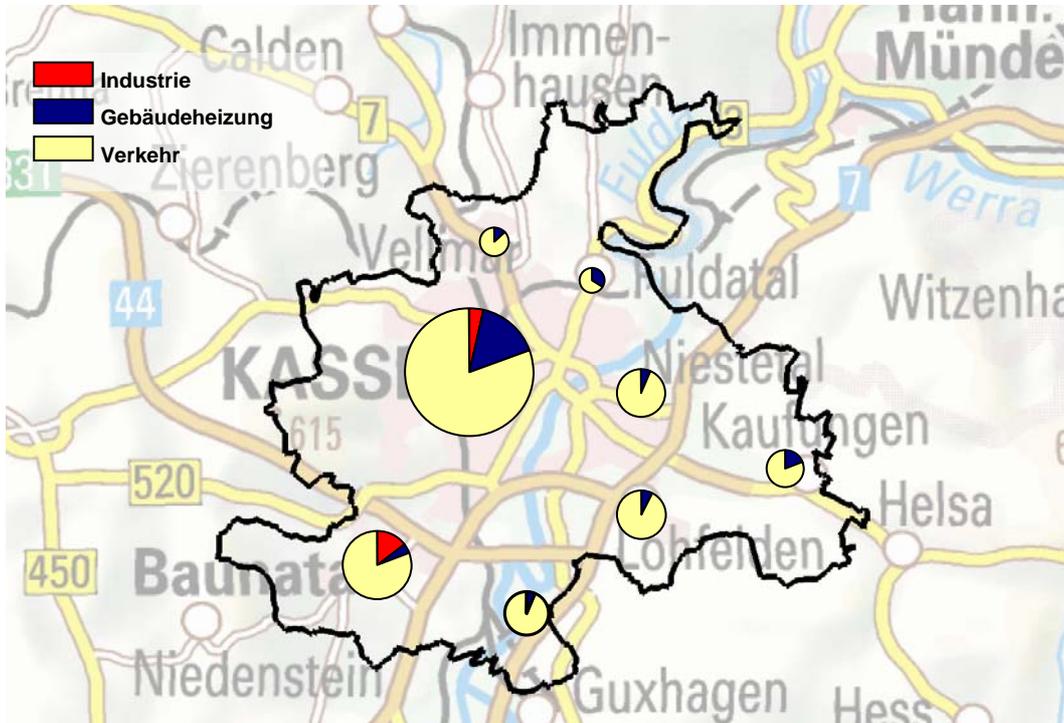
Emittentengruppe	Jahr	Stadt Kassel		Ballungsraum Kassel		Hessen	
		[t/a]	[%]	[t/a]	[%]	[t/a]	[%]
Gebäudeheizung	2006	19,1	15,8	26,6	11,8	894,4	12,3
Industrie	2008	4,5	3,7	9,9	4,4	1.217,1	16,8
davon Großfeuerungsanlagen [16]	2008	3,4	2,8	3,5	1,6	117,5	1,6
Kfz-Verkehr	2005	97,4	80,5	188,3	83,8	4.175,8	57,5
Schienerverkehr	2008					920	12,7
Flughafen Kassel-Calden <sup>1)</sup>	2003			0	0	0	0
Flughafen Frankfurt am Main <sup>2)</sup>	2005					49	0,7
<b>Summe</b>		<b>121,0</b>	<b>100</b>	<b>224,8</b>	<b>100</b>	<b>7.256,3</b>	<b>100</b>

<sup>1)</sup> Vorfeldverkehr sowie Starts und Landungen bis 600 m Höhe

<sup>2)</sup> Vorfeldverkehr sowie Starts und Landungen bis 914 m Höhe

**Tabelle 12:** Emissionsbilanz von PM10

Die räumliche Verteilung der PM10-Emissionen der drei Emittentengruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kfz-Verkehr ist für die Städte Baunatal, Kassel und Vellmar sowie die Gemeinden Fuldaabück, Fuldata, Kaufungen, Lohfelden und Niestetal in Abbildung 19 dargestellt. Die Summe der Emissionen wird durch einen farbigen Kreis repräsentiert, dessen Größe proportional zur Emissionsrate ist. Die Kreisfläche ist hierbei in drei Sektoren mit unterschiedlichen Farben entsprechend dem Anteil der drei Emittentengruppen an der Emissionsrate unterteilt.



Kartengrundlage: © GeoBasis-DE /BKG [2008]

**Abbildung 19:** Räumliche Struktur der PM10-Emissionen im Ballungsraum Kassel

Die Gesamtmasse der Feinstaubemissionen liegt insgesamt deutlich niedriger im Vergleich mit den NO<sub>x</sub>-Emissionen. Dabei werden im Bereich des Verkehrs nicht nur die abgasbedingten Emissionen berücksichtigt, sondern auch die durch Abrieb und Aufwirbelung verursachten PM10-Emissionen.

## 5 Analyse der Lage

### 5.1 Analyse der Industrie-Emissionen

Das Emissionskataster Industrie erfasst die Emissionen der im Anhang der 4. BImSchV [17] genannten genehmigungsbedürftigen Anlagen. Die 11. BImSchV [15] verpflichtet die Betreiber dieser Anlagen, der zuständigen Überwachungsbehörde Emissionserklärungen vorzulegen. Betreiber von Anlagen, von denen nur in geringem Umfang Luftverunreinigungen ausgehen können, sind von der Pflicht zur Abgabe einer Emissionserklärung befreit. Die Befreiung von der Erklärungspflicht ist in § 1 der 11. BImSchV [15] geregelt.

Die Auswertungen beruhen auf den Daten der Emissionserklärungen für das Jahr 2008. In der nachstehenden Tabelle sind die Emissionen aus dem Bereich Industrie getrennt nach den Hauptgruppen der 4. BImSchV [17] aufgelistet. Dargestellt ist NO<sub>x</sub> als Summe von NO und NO<sub>2</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>. Die ganz überwiegenden Anteile der NO<sub>x</sub>-Emissionen stammen aus der Hauptgruppe „Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie“.

Hauptgruppe	Beschreibung	Stadt Kassel			Ballungsraum Kassel		
		Anzahl	NO <sub>x</sub> [t/a]	PM10 [t/a]	Anzahl	NO <sub>x</sub> [t/a]	PM10 [t/a]
01	Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie	11	278,1	3,4	14	338,8	3,5
02	Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe	2	0	0,1	3	1,2	0,2
03	Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschließlich Verarbeitung	0			4	170,8	4,9
04	Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination und Weiterverarbeitung	0			0		
05	Oberflächenbehandlung mit org. Stoffen, Herst. bahnförmiger Materialien aus Kunststoffen, sonst. Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen	2	8,23	0,3	4	13,6	0,3
06	Holz, Zellstoff	0			0		
07	Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse	0			0		
08	Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen	2	126,8	0,5	4	126,8	0,9
09	Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Zubereitungen	0			0		
10	Sonstiges	0			0		
	<b>Summe</b>	<b>17</b>	<b>413,2</b>	<b>4,4</b>	<b>29</b>	<b>651,2</b>	<b>9,9</b>

**Tabelle 13:** Aufteilung der Industrieemissionen der Stadt Kassel und des Ballungsraums Kassel auf die Hauptgruppen der 4. BImSchV (Bezugsjahr 2008)

## 5.2 Analyse der Gebäudeheizungs-Emissionen

Das Emissionskataster Gebäudeheizung enthält die Daten der nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen [13]. In ihm werden alle Feuerungsanlagen für die Beheizung von Wohneinheiten und für die Warmwasserbereitung sowie Feuerungsanlagen zur Erzeugung von Heiz- und Prozesswärme sonstiger Kleinverbraucher in Gewerbe, Industrie und öffentlichen Einrichtungen zusammengefasst, die nicht nach § 4 BImSchG [7] in Verbindung mit § 1 der 4. BImSchV [17] der Genehmigungspflicht unterliegen. Sie müssen aber dann den Anforderungen der 1. BImSchV [18] genügen. Die Emittentengruppe Gebäudeheizung setzt sich deshalb aus den Bereichen „private Haushalte“ und „sonstige Kleinverbraucher“ zusammen.

In der Tabelle 14 sind für einige Energieträger die Emissionsfaktoren von PM10 und NO<sub>x</sub> aufgelistet. Vor allem bei PM10 sind die Unterschiede zwischen Gas und den festen Brennstoffen deutlich. Durch einen Wechsel des Energieträgers können die Emissionen deutlich reduziert werden.

Energieträger	Heizwert [kWh/kg]	PM10 [g/MWh]	NO <sub>x</sub> <sup>1)</sup> [g/MWh]
Heizöl EL	11,9	5,4	162
Erdgas	12,8	0,1	151
Flüssiggas	12,8	0,1	299
Holz, natur luftgetrocknet	4,2	140,4	216
Stroh	4,3	1188,0	198
Braunkohlebrikett Lausitz	5,3	129,6	324
Braunkohlebrikett Rheinland	5,5	262,8	360
Koks (Steinkohle)	8,0	82,8	234
Anthrazit (Steinkohle)	8,9	19,4	126

<sup>1)</sup> Summe aus NO und NO<sub>2</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>

**Tabelle 14:** Beispiele für Emissionsfaktoren der Emittentengruppe Gebäudeheizung [13]

Immissionsseitig ist noch zu beachten, dass die Emissionen aus dem Bereich Gebäudeheizung hauptsächlich in der kalten Jahreszeit freigesetzt werden. Die Freisetzung der Emissionen erfolgt durch Schornsteine über dem Dach und damit oberhalb der Straßenschluchten. Die vorgegebene Schornsteinhöhe von Wohngebäuden soll eine weitgehend freie Abströmung der Abgase gewährleisten. Allerdings sind die vorhandenen Schornsteine an Wohnhäusern oft nicht hoch genug, um eine ungestörte Abströmung mit der freien Luftströmung zu gewährleisten.

## 5.3 Analyse der Verkehrs-Emissionen

### 5.3.1 Allgemein

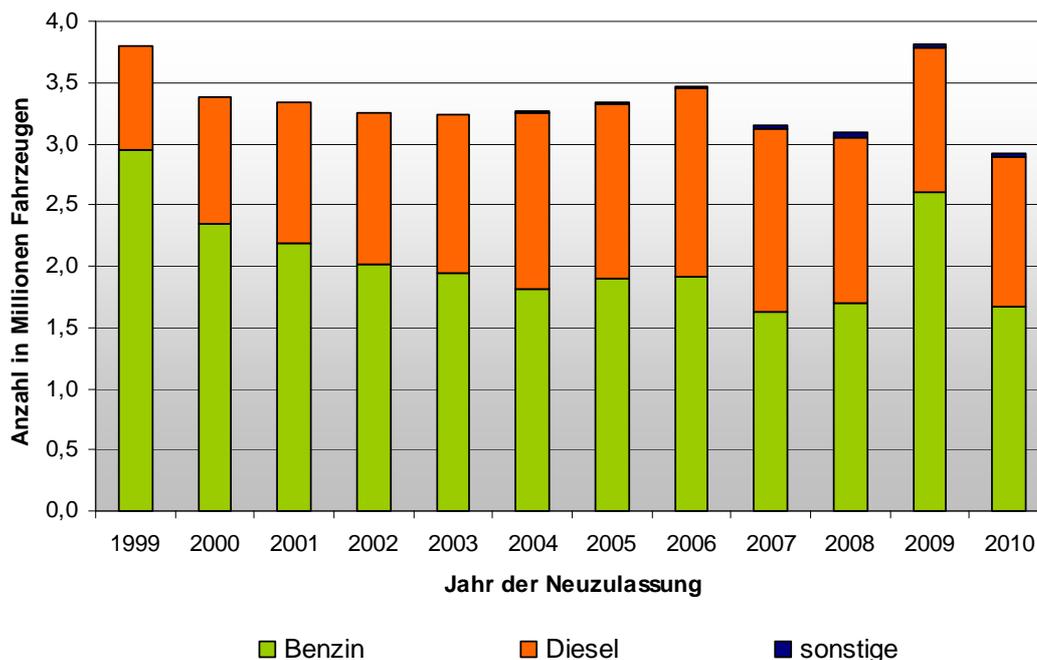
Entscheidend für die Höhe der Emissionen ist nicht nur ein hohes Verkehrsaufkommen, sondern auch die Zusammensetzung der Kfz-Flotte. Der Ersatz von älteren Fahrzeugen gegen neuere reduziert die NO<sub>x</sub>-Emissionen. Maßnahmen zur Minderung der Immissionsbelastung beim Kfz-Verkehr sind für NO<sub>x</sub> am effizientesten bei den schweren Lkws und Bussen mit Dieselmotor, soweit diese keine funktionsfähige Vorrichtung zur NO<sub>x</sub>-Minderung haben.

In Tabelle 15 sind die Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> zur Berechnung der Kfz-Emissionen aufgelistet. Die Anteile von Benzin- und Dieselmotoren an der jeweiligen Fahrzeugkategorie für das Bezugsjahr 2009 bilden die Grundlage für die Berechnung der durchschnittlichen Emissionsfaktoren [12]. Die Emissionsfaktoren der schweren Nutzfahrzeuge (SNF) und Busse sind deutlich höher als die der Pkws. Insbesondere die schweren Nutzfahrzeuge können aufgrund der hohen Emissionsfaktoren die Immissionssituation innerorts verschärfen. Durch die Ausrüstung der Benzin-Pkws mit Katalysatoren sind die NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für diese Fahrzeuge relativ niedrig.

Fahrzeugkategorie	PM10 [g / Fz km]	NO <sub>x</sub> [g / Fz km]	NO <sub>2</sub> [g / Fz km]
Pkw Benzin	0,002	0,180	0,009
Pkw Diesel	0,025	0,617	0,234
Kraftrad	0,000	0,136	0,007
leichte Nutzfahrzeuge Benzin	0,005	0,501	0,025
leichte Nutzfahrzeuge Diesel	0,085	1,017	0,269
schwere Nutzfahrzeuge	0,104	5,342	0,439
Reisebus	0,263	10,332	0,782
Linienbus	0,141	10,028	1,972

**Tabelle 15:** Durchschnittliche Emissionsfaktoren in Gramm pro Fahrzeugkilometer nach Fahrzeugkategorien für NO<sub>x</sub> innerorts für das Bezugsjahr 2010 [12]

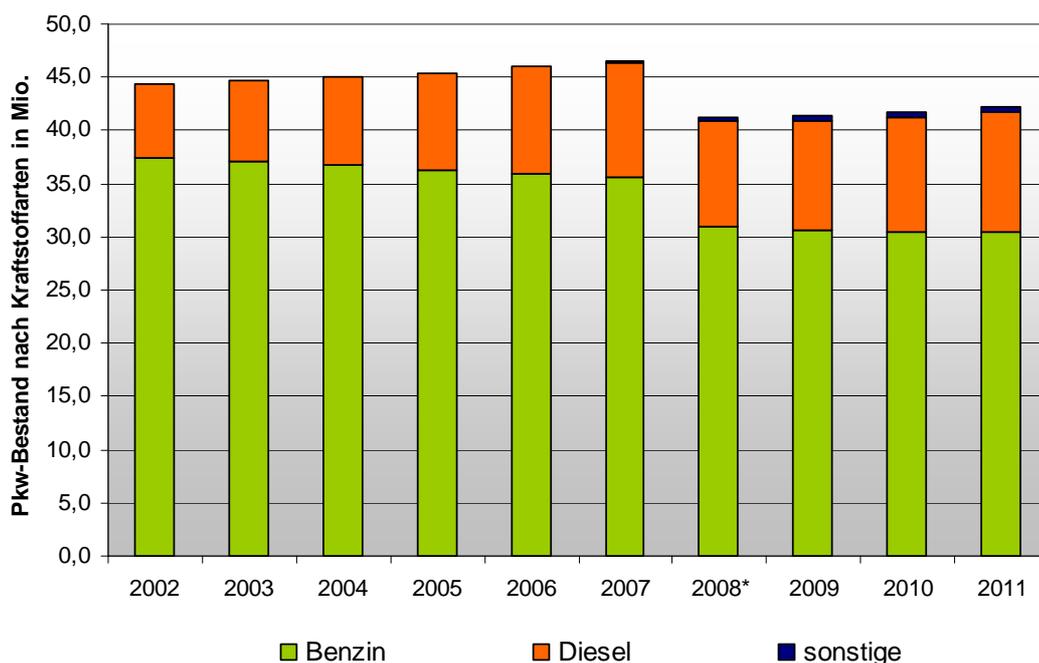
Ein Problem stellt der inzwischen hohe Anteil der Pkws mit Dieselmotor dar (siehe Abbildung 20).



**Abbildung 20:** Neuzulassungen von Personenkraftwagen von 2000 bis 2010 in der Bundesrepublik Deutschland (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt)

Zwar gilt für Pkws bei den Erstzulassungen inzwischen die Euro-5-Norm, doch sind die Grenzwerte für Dieselmotoren immer noch erheblich höher als für Ottomotoren. Für Pkws mit Ottomotor liegt der  $\text{NO}_x$ -Grenzwert bei 0,06 g/km, während der Grenzwert für Diesel-Fahrzeuge 0,180 g/km beträgt. Diese Grenzwerte werden allerdings nach den Untersuchungen der Fahrzeugemissionen im realen Straßenverkehr nicht eingehalten (siehe Abbildung 21). Im durchschnittlichen Innerortsbetrieb verursachen moderne Dieselmotoren (Euro 4 oder Euro 5) in Personenkraftwagen ca. 8-mal so viel  $\text{NO}_x$  wie Fahrzeuge mit Ottomotor, zum großen Teil als direkte  $\text{NO}_2$ -Emissionen. Dies resultiert zumindest teilweise daraus, dass die neue Generation von Diesel-Pkw mit eingebautem Partikelfilter einen Überschuss an Stickstoffdioxid produziert, um die Rußpartikel auf dem Filter bei niedrigeren Temperaturen vollständig abzureinigen zu können. Selbst der bei Dieselmotoren geringere Kraftstoffverbrauch von ca. 20 % gegenüber einem Ottomotor kann diesen Emissionsnachteil nicht ausgleichen. Bis zum Jahr 2007 stieg der Anteil der Diesel-Pkw an den bundesweiten Neuzulassungen konstant an. In den Folgejahren kam es zu einem leichten Rückgang, der aber nur bedingt als Trend eingeschätzt werden kann.

Das Jahr 2009 ragt aus der allgemeinen Statistik heraus, da in diesem Jahr die Abwrackprämie gewährt wurde. Nähere Ausführungen hierzu siehe Kapitel 6.1.3.2. Seit 2006 kann mit Ausnahme des Jahres 2009 ein Trend zu geringeren Zulassungszahlen erkannt werden. Dies hat jedoch nicht dazu geführt, dass auch der Bestand an Pkw sich insgesamt verringert hätte wie Abbildung 21 verdeutlicht. Ab dem Jahr 2008 wurden nur noch angemeldete Fahrzeuge ohne vorübergehende Stilllegung oder Außerbetriebsetzung in der Statistik geführt.

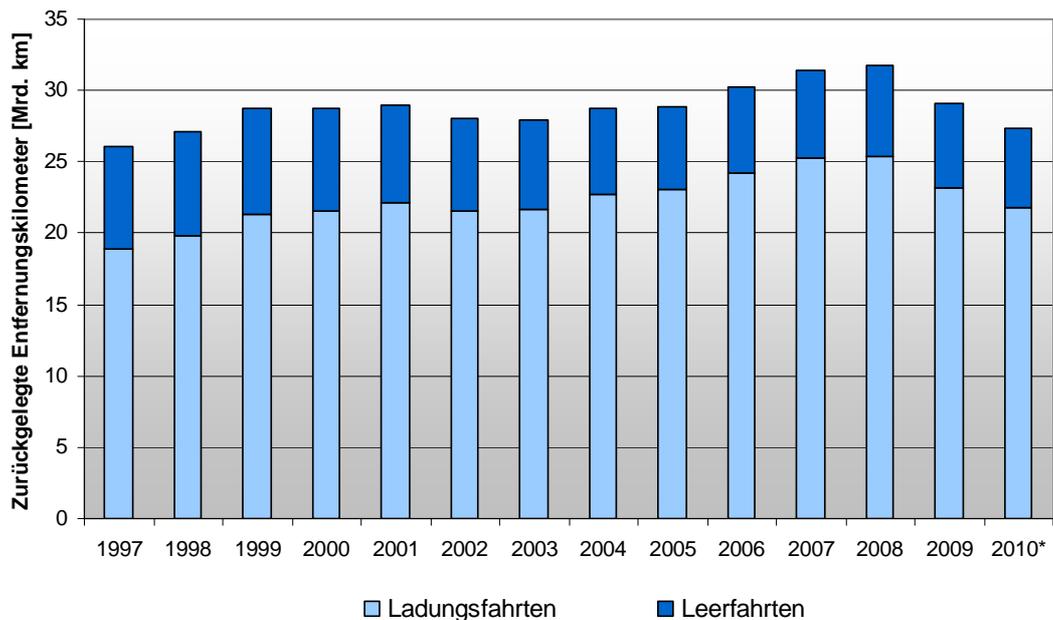


\*ab 2008 nur noch angemeldete Fahrzeuge ohne vorübergehende Stilllegung / Außerbetriebsetzung

**Abbildung 21:** Bestand an Personenkraftwagen nach Kraftstoffarten (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt)

Entgegen dem Zulassungstrend hat sich im Vergleich der letzten Jahre die Anzahl der Fahrzeuge im Bestand leicht erhöht. Das bedeutet, dass Fahrzeuge länger gefahren werden und die Fahrzeugflotte sich langsamer erneuert als noch vor fünf Jahren.

Zur Belastung mit Luftschadstoffen trägt natürlich auch die hohe Verkehrsleistung im Güterverkehr bei.



\* bis einschließlich November 2010

**Abbildung 22:** Verkehrsaufkommen deutscher Lastkraftwagen (Quelle: Kraffahrt-Bundesamt)

In der Zeit zwischen 1997 und 2008 stieg allein das jährliche Verkehrsaufkommen deutscher Lastkraftwagen um 11 % oder mehr als 3.000 Mio. km. Infolge der Wirtschaftskrise ging die Zahl 2009 zwar deutlich zurück, doch nach einer Prognose des Bundesverkehrsministeriums [19] wird eine Zunahme des Verkehrsaufkommens bis zum Jahr 2025 um 70 % prognostiziert.

### 5.3.2 Ballungsraum Kassel

Der Einfluss des Straßenverkehrs auf die Luftqualität im Ballungsraum Kassel wird bei einer Darstellung der durchschnittlichen  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen im Wochengang deutlich (siehe Abbildung 23). Während die Konzentration an der Messstelle im ländlichen Raum im Verlauf der Woche kaum Schwankungen unterliegt, zeigt sich an der Messstelle des städtischen Hintergrunds (Kassel-Mitte) bereits ein deutlicher Verkehrseinfluss. Dabei werden die Konzentrationspitzen leicht nach rechts – also einem späteren Zeitpunkt – verschoben, da sich das vom Verkehr emittierte Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) bereits weitgehend in Stickstoffdioxid umgewandelt hat bis es zur etwas abseits der stark befahrenen Straßen gelegenen Messstelle des städtischen Hintergrunds gelangt. An den  $\text{NO}_2$ -Konzentrationsverläufen der verkehrsnahen Messstation (Ks-Fünffensterstraße) sind sogar die täglichen Hauptverkehrszeiten sowie das deutlich geringere Verkehrsaufkommen an Samstagen und Sonntagen zu erkennen.

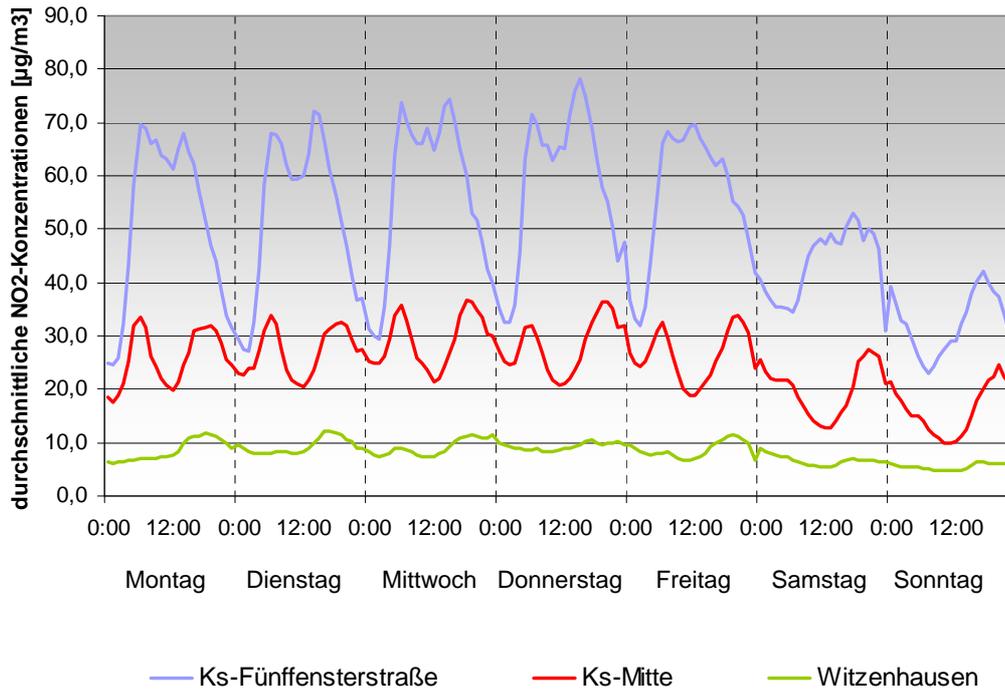


Abbildung 23: Mittlerer Wochengang der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Jahr 2010

## 5.4 Entwicklung der Emissionssituation

Die Erfolge der früheren Maßnahmen zur Emissionsminderung werden mit den langjährigen Trendkurven zur Emissionsentwicklung aufgezeigt. Da Feinstaub erst ab dem Jahr 2000 gemessen wurde, beginnt die Trendbetrachtung in Abbildung 24 erst im Jahr 2000. Die Entwicklung für die vier hessischen Untersuchungsgebiete seit 1979 ist im Umweltatlas Hessen [20] veröffentlicht. Für die Jahre, in denen keine Erhebung durchgeführt wurde, sind die Daten durch Interpolation aus den Daten der Erhebungsjahre berechnet. Mit NO<sub>x</sub> wird die Summe aus NO und NO<sub>2</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>, bezeichnet.

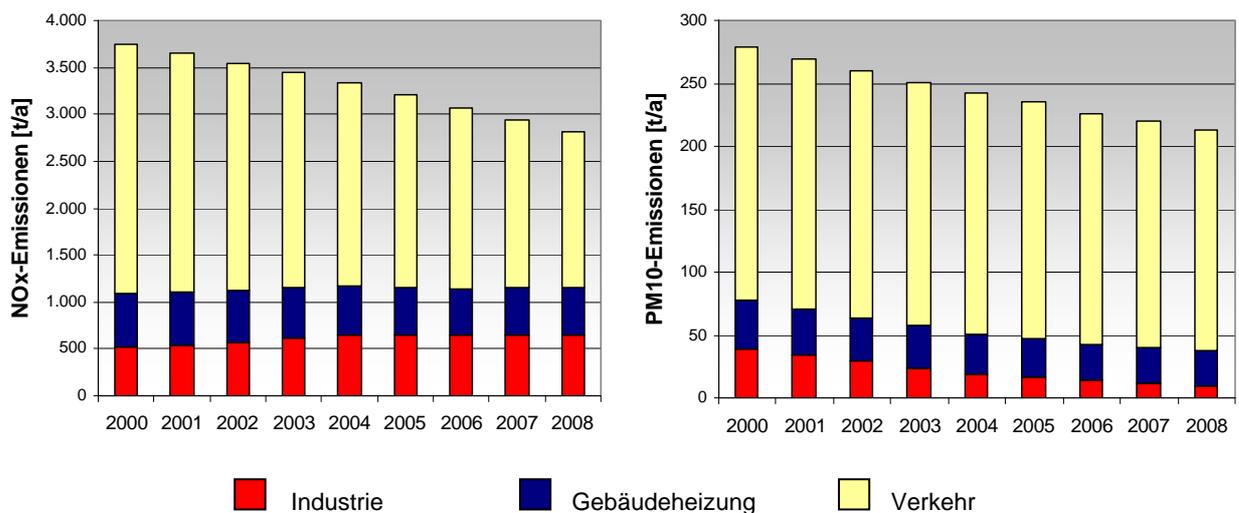


Abbildung 24: Entwicklung der PM10- und NO<sub>x</sub>-Emissionen im Ballungsraum Kassel in den Jahren 2000 bis 2008

Die in Abbildung 24 gezeigte Entwicklung der Emissionen von NO<sub>x</sub> und PM10 im Ballungsraum Kassel belegen die insgesamt rückläufigen Emissionen in praktisch allen Bereichen.

## **6 Angaben zu bereits durchgeführten Maßnahmen**

### **6.1 Europaweite und nationale Maßnahmen zur Emissionsminderung**

#### **6.1.1 Maßnahmen bei der Emittentengruppe Industrie**

Bereits seit Beginn der 70er Jahre konnten mit der Festlegung von Standards für die Emissionsminderung bei Industrieanlagen erhebliche Minderungen der Belastungen durch Staub und NO<sub>x</sub> verzeichnet werden. Im Rahmen der Umsetzung der Anforderungen der Luftqualitätsrahmenrichtlinie und der 1. Tochterrichtlinie wurden die Emissionsgrenzwerte für Industrieanlagen [21] insgesamt sowie der Großfeuerungsanlagen (13. BImSchV [16]) im Besonderen deutlich verschärft. Im Zeitraum von August 2002 bis Oktober 2007 mussten sowohl neue wie auch alte Industrieanlagen einen um 60 % abgesenkten Emissionsgrenzwert für Staub und einen um 30 % abgesenkten Emissionsgrenzwert für NO<sub>x</sub> umsetzen. Auch die Anforderungen an Abfallverbrennungsanlagen (17. BImSchV [22]) wurden verschärft.

#### **6.1.2 Maßnahmen bei der Emittentengruppe Gebäudeheizung**

Bei der Emittentengruppe Gebäudeheizung gab es zwischen 1980 und 2002 erhebliche Veränderungen. Günstige Gas- und Heizöl-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 betriebene Heizungsanlagen im Bereich der Wohnhäuser geführt. Die 1979 in Kraft gesetzte und seither mehrfach fortgeschriebene 1. BImSchV (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) [18] hat zusätzlich mit ihren Emissionsgrenzwerten und dem Gebot, die Emissionen regelmäßig durch Messungen von Sachverständigen überprüfen zu lassen, eine Basis geschaffen, bei Heizungsanlagen im Bereich der Emittentengruppe Gebäudeheizung eine Emissionsbegrenzung durchzusetzen.

Die Erkenntnis, dass insbesondere Einzelraumfeuerungsanlagen wie Kaminöfen besonders zur PM10-Belastung in einem Gebiet beitragen, haben dazu geführt, dass im Rahmen der letzten Novelle der 1. BImSchV im Januar 2010 strenge Anforderungen an die Staub- und Kohlenmonoxidemissionen selbst kleiner Anlagen ab 4 kW gestellt werden. Unter Berücksichtigung der Übergangsfristen zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte bei vorhandenen Anlagen ist davon auszugehen, dass ab 2015 die Staub- bzw. PM10-Emissionen dieser Anlagen im Bundesgebiet deutlich rückläufig sein dürften.

Bei den Maßnahmen zur Emissionsminderung im Bereich Gebäudeheizung ist zu unterscheiden zwischen den Anforderungen an die Feuerungsanlagen zur Emissionsminderung bzw. Emissionsbegrenzung und den Anforderungen an die Gebäude hinsichtlich Wärmedämmung. Gute Wärmedämmung führt zu einer Minderung des Heizwärmebedarfes und damit zur Vermeidung von Emissionen. Die Mindestanforderungen zur Energieeinsparung bei Gebäuden werden im Wesentlichen durch das Energieeinsparungsgesetz [23] und die Energieeinsparverordnung [24] festgelegt.

### 6.1.3 Maßnahmen bei der Emittentengruppe Kfz-Verkehr

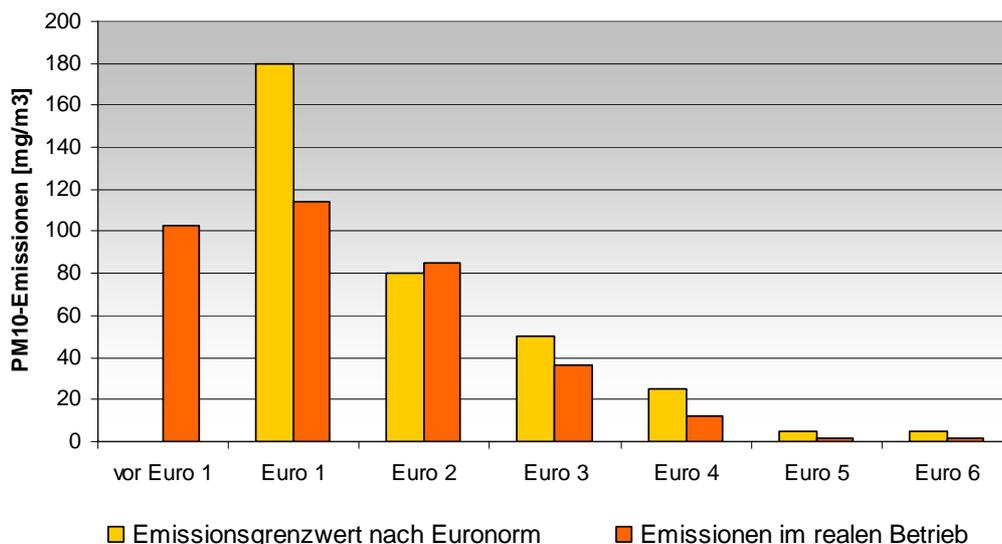
#### 6.1.3.1 Verbesserung der Emissionsstandards von Fahrzeugen (Europa)

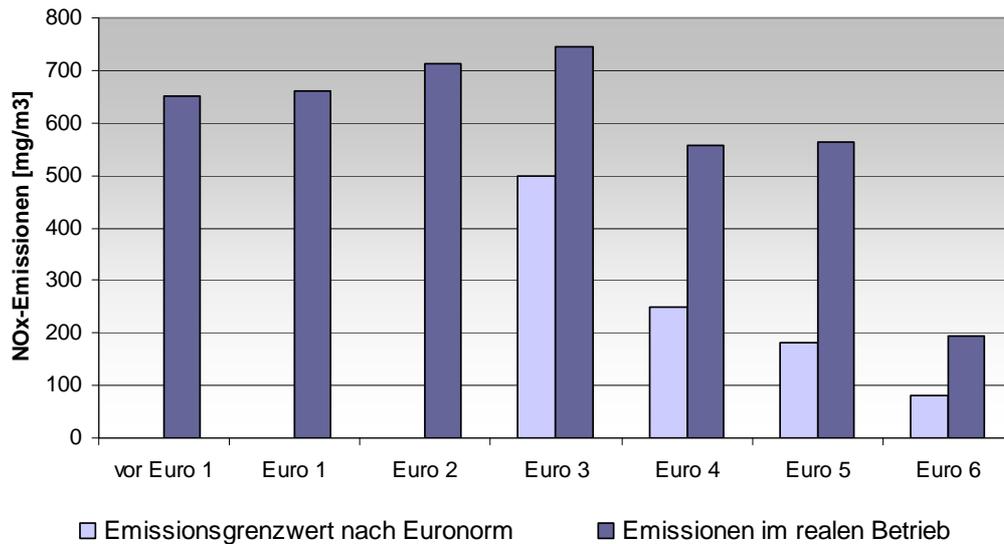
Die Minderung der spezifischen Emissionen am Fahrzeug erfolgt in erster Linie über die Begrenzung der Fahrzeugemissionen in Form der Euro-Normen als Abgasstandards. Darüber hinaus wird durch erhöhte Anforderungen an die Qualität der zum Betrieb der Kraftfahrzeuge eingesetzten Otto- und Diesel-Kraftstoffe ebenfalls eine Minderung bei bestimmten Luftschadstoffen wie Benzol, Blei und Schwefeldioxid erzielt. Beide Bereiche werden durch EG-Richtlinien geregelt. In den Tabellen 16 und 18 ist die Entwicklung der Abgasgesetzgebung (Euro-Normen) aufgeführt.

Pkw			Lkw und Busse		
Norm	Jahr	Richtlinie	Norm	Jahr	Richtlinie
			Euro 0	1988/90	88/77/EWG
Euro 1	1992	91/44/EWG, 93/59/EWG	Euro I	1992/93	91/542/EWG
Euro 2	1996	94/12/EG, 96/69/EG	Euro II	1995/96	91/542/EWG
Euro 3	2000	98/69/EG	Euro III	2000	1999/96/EG
Euro 4	2005	98/96/EG	Euro IV	2005/06	1999/96/EG
Euro 5	2009	715/2007/EG	Euro V	2008/09	1999/96/EG

**Tabelle 16:** Übersicht über die geltenden Abgasnormen der EU

Die vorgegebenen Emissionsgrenzwerte werden im „Normalbetrieb“ nicht immer eingehalten. Dies ist nach EU-Vorgaben auch nicht gefordert. Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte muss nur für einen bestimmten Prüfzyklus nachgewiesen werden, der nicht unbedingt mit dem den normalen Betriebsbedingungen entspricht. Abbildung 25 zeigt am Beispiel eines Diesel-Pkw die Unterschiede deutlich auf. Dabei gelten die Emissionsfaktoren für Diesel-Pkw der jeweiligen Euronorm in mittleren Innerortssituationen und das Bezugsjahr 2010.





**Abbildung 25:** Vergleich der Emissionsgrenzwerte nach Euronormen mit den für den realen Betrieb ermittelten Emissionen (Emissionsfaktoren) für PM10 und NO<sub>x</sub> von Diesel-Pkw für die durchschnittliche Verkehrssituation innerorts, HBEFA 3.1, Bezugsjahr 2010 [12]

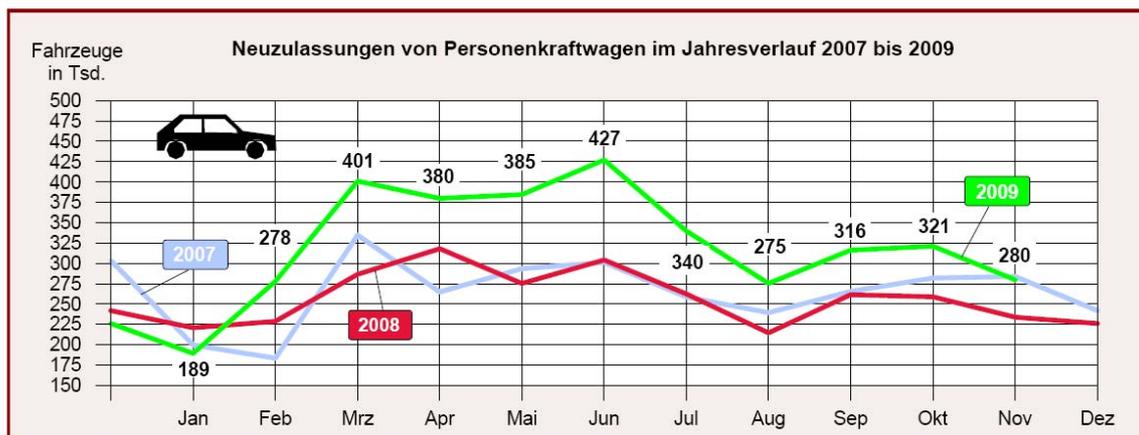
Für NO<sub>x</sub> wurde erst mit Einführung der Euro-3-Norm ein eigener Grenzwert festgelegt. Bis dahin galt ein Grenzwert für die Summe aus Stickstoffoxiden und Kohlenwasserstoffen.

Erst mit Einführung der Euro-VI-Norm für schwere Nutzfahrzeuge wurde in der entsprechenden EU-Verordnung in Art. 5 gefordert, dass die Motoren unter normalen Betriebsbedingungen den vorgegebenen Emissionen entsprechen müssen (siehe untere Hälfte der Abbildung 25).

### 6.1.3.2 Fördermaßnahmen zur schnelleren Erneuerung der Fahrzeugflotte

Im Rahmen des deutschen Konjunkturprogramms wurde die Anschaffung eines Neu- bzw. Jahreswagens (Pkw) als Ersatz für ein Fahrzeug, das älter als neun Jahre ist, mit einer „Abwrackprämie“ in Höhe von 2.500,- € gefördert. Als Voraussetzung für den Erhalt der Prämie musste das alte Fahrzeug abgewrackt und ein neues oder neuwertiges Fahrzeug (Jahreswagen) erworben werden. Für die Förderung stellte die Bundesregierung Mittel in Höhe von 5 Milliarden Euro zur Verfügung, die im September 2009 aufgebraucht waren.

Für den Zeitraum Januar bis November 2009 registrierte das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) eine Zunahme bei den Neuzulassungen von Pkw von 25,4 % gegenüber Januar bis November 2008 [25]. Der Vergleich zwischen den Neuzulassungen ab Januar 2009 mit den vorangegangenen Jahren zeigt Abbildung 26.



**Abbildung 26:** Neuzulassungen von Personenwagen im Jahresverlauf 2007 bis 2009  
(Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt [25])

Bei dem geforderten Mindestalter von neun Jahren waren insbesondere Fahrzeuge der Euro-normen 2 und älter betroffen, die damit durch Euro-4- bzw. Euro-5-Pkw ersetzt werden konnten. Von den in Deutschland bis einschließlich Oktober 2009 neu zugelassenen Pkw entsprachen bereits 27,5 % der Emissionsklasse Euro 5 und 0,1 % der Emissionsklasse Euro 6. Die doch geringe Anzahl an Neuzulassungen mit Euro 5 und 6 hängt mit dem hohen Anteil an Kleinwagen zusammen, die zusammen einen Anteil von 63 % an den Neuzulassungen hatten. Diese Fahrzeuge wurden nur in geringem Umfang bereits mit Euro-5-Standard angeboten.

Entsprechend einem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit beauftragten Gutachten „Abwrackprämie und Umwelt – eine erste Bilanz“ des ifeu-Instituts [26] kann der Ersatz der alten Fahrzeuge durch Pkw mit moderner Abgastechnik die durch die Fahrzeuge verursachten NO<sub>x</sub>-Emissionen um 87 % verringern; bei den Partikelemissionen liegen die Minderungsraten sogar bei 99 %. Da die Neufahrzeuge jedoch nur etwa 5 % des gesamten Pkw-Bestandes darstellen, ist die Minderung der gesamten Verkehrsemissionen deutlich geringer. Die Gutachter schätzen sie auf ca. 5 % bei den Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) und 4 % bei den PM10-Emissionen.

### 6.1.3.3 Aktive Förderung des Partikelfiltereinbaus

Nach einem Beschluss der Bundesregierung wurde für die Zeit vom 1. Januar 2006 bis zum 31. Dezember 2010 die Nachrüstung von Dieselfahrzeugen mit einem Rußpartikelfilter steuerlich gefördert. Bis zum 31. Juli 2009 betrug die Förderung 330 Euro als einmalige Befreiung von der Kfz-Steuer. Vom 1. August 2009 bis zum 31. Dezember 2010 wurde die Nachrüstung von Partikelfiltern für Diesel-Pkw auch mit einem Festbetrag von 330 Euro gefördert, der als Zuschuss direkt gezahlt wird. Im Gegenzug wurde für Dieselfahrzeuge, die nicht dem Partikelgrenzwert der Euro 5 entsprechen, die Kfz-Steuer um 1,20 €/je 100 cm<sup>3</sup> Hubraum angehoben.

Die zunächst bis Ende Dezember 2009 befristete Förderung wurde durch ein vom Bund neu aufgelegtes Förderprogramm für die Filternachrüstung verlängert. Darüber hinaus erweiterte man nun erstmals die Förderung auch auf die Nachrüstung von leichten Nutzfahrzeugen. Dies galt jedoch nur für Diesel-Fahrzeuge, die vor dem 01. Januar 2007 (PKW) bzw. vor dem 17. Dezember 2009 (leichte Nutzfahrzeuge) zugelassen wurden und die nach ihrer Nachrüstung mit einem Partikelminderungssystem einer festgelegten Partikelminderungsstufe oder -klasse entsprachen.

Nach einem Test des ADAC an einigen Nachrüstfiltertypen [27] ergab sich bei nachgerüsteten Diesel-Pkw und leichten Nutzfahrzeugen mit Oxidationskatalysator der Euro 3-Norm eine Minderung des NO<sub>2</sub>-Anteils am NO<sub>x</sub> im Abgas von ca. 30 % zu einem nicht nachgerüsteten, baugleichen Fahrzeug.

## 6.2 Regionale Maßnahmen zur Emissionsminderung

### 6.2.1 Verkehr

#### 6.2.1.1 Staufreies Hessen

Die Autobahn A 7 gehört zu den bedeutendsten Nord-Süd-Achsen Europas. Jede Stockung im Verkehrsfluss bedeutet eine weitere Erhöhung der unvermeidlichen Abgasemissionen. Flüssiger Verkehr auf den Autobahnen vermeidet Ausweichreaktionen auf städtische Straßen, an denen die Menschen unmittelbar und erheblich stärker den verkehrsbedingten Abgas- und Staubemissionen ausgesetzt sind. So hat die Hessische Landesregierung in den letzten Jahren im Rahmen des Modellprojektes Staufreies Hessen 2015 eine ganze Reihe von Projekten auf den Weg gebracht, die den Verkehr insgesamt zwar nicht reduzieren können, aber dazu beitragen, ihn sicherer und umweltverträglicher zu gestalten. Dazu gehören insbesondere die Projekte:

- ▶ Ein konsequentes **Baustellenmanagement**, technisch unterstützt durch ein rechnergestütztes Baustellenmanagementsystem (BMS) vermeidet baustellenbedingte Stauungen. Unterstützt wird das BMS von **DORA**, der Dynamischen Ortung von Arbeitsstellen. Zusätzlich liefert sie wichtigen Input für Umleitungsempfehlungen.
- ▶ Die **Qualitätssicherung an Lichtsignalanlagen** (LISA) verbessert die Abläufe an Knotenpunkten und vermeidet so unnötige Halte- und Anfahrvorgänge sowie Motor-Leerlaufzeiten.
- ▶ Die **Verkehrsportale** [www.verkehrsinform.hessen.de](http://www.verkehrsinform.hessen.de), Park and Ride (P+R) Hessen sowie Parken + Mitnehmen Hessen informieren über die aktuelle Verkehrslage und bieten intermodale Angebote und Möglichkeiten für Fahrgemeinschaften.

#### 6.2.1.2 Verkehrsvermeidung durch Integration von Siedlungs- und Verkehrsplanung

Bei der Neufassung der TÖB-Richtlinien wurde der Belang „Integrierte Siedlungs- und Verkehrsplanung“ neu eingeführt. Er hat zum Ziel, dass Kommunen bei der Bauleitplanung die Integration von Siedlungs- und Verkehrsplanung mit dem Ziel, neu entstehenden Pkw- und Lkw-Verkehr zu minimieren, stärker beachten.

Hiernach gilt: "Die Gemeinden haben bei der Bauleitplanung den Ansprüchen einer integrierten Siedlungs- und Verkehrsplanung zu entsprechen. Die Straßen- und Verkehrsverwaltung hat die Aufgabe, die Belange des Landes im Hinblick auf die Ziele der Verkehrsvermeidung und der umwelt- und sozialverträglichen Verkehrsabwicklung im Bauleitplanverfahren zu vertreten. Die Kommunen haben die Straßen- und Verkehrsverwaltung diesbezüglich zu beteiligen und ihre Stellungnahme in die Abwägung einzubeziehen. Bei verkehrlich relevanten Planungen sind Verkehrsgutachten vorzulegen. Darüber hinaus soll die Straßen- und Verkehrsverwaltung nach Möglichkeit die Gemeinden bei der Integration von Verkehrsplanung und räumlicher Planung unterstützen und, soweit erforderlich, fachliche Hinweise geben".

Eine integrierte Siedlungs- und Verkehrsplanung hat einen maßgebenden Beitrag zur Verringerung der Luftbelastung zur Folge, weil sie an den Ursachen der Verkehrsentstehung ansetzt. Weniger Kfz-Verkehr erzeugt weniger Schadstoffe und kann erreicht werden z.B. durch

- Ausweisung von neuen Flächen für Wohnen, besucherintensives nicht-störendes Gewerbe, Einzelhandel, verkehrsintensive Gemeinbedarfseinrichtungen (z.B. Kindergarten, Schulen) oder Freizeitnutzungen (z.B. Großkino) in integrierter Lage (d.h. möglichst hoher Anteil an Wegen zu Fuß und per Rad) und längs attraktiven ÖPNV-Achsen im fußläufigen Einzugsbereich von Haltestellen (d.h. möglichst hoher Anteil an Wegen im ÖPNV)
- Ausweisung von Flächen für Unternehmen mit für den Bahntransport geeigneten Gütern längs Schienenstrecken, damit ein Gleisanschluss vorhanden ist oder die Option darauf erhalten bleibt (d.h. ein Teil der Gütertransporte statt mit dem Lkw per Bahn abgewickelt werden können).

Eine integrierte Siedlungs- und Verkehrsplanung sieht auch der gültige Regionalplan Nordhessen in seinen Zielen, Grundsätzen und der Begründung vor. Aussagen finden sich in

- Kapitel 3.1.1 (Gebiete für Siedlungszwecke ...)
- Kapitel 3.1.2 (Gebiete für Industrie und Gewerbe)
- Kapitel 3.1.3 (Großflächige Einzelhandelsvorhaben, ...)
- Kapitel 4.7 (Tourismus und Erholung)
- Kapitel 5.1.1 (Schienenverkehr)
- Kapitel 5.1.2 (ÖPNV).

Darüber hinaus fordert auch das Hessische ÖPNV-Gesetz von 2009 in § 13 eine integrierte Siedlungs- und Verkehrsplanung.

Die Kommunen sind sowohl Träger der Bauleitplanung als auch Aufgabenträger des ÖPNV und haben damit einen großen Gestaltungsspielraum, dass zusätzlicher Verkehr durch Bauvorhaben nach Möglichkeit mit dem ÖPNV oder nicht-motorisiert abgewickelt wird und dadurch weniger Luftschadstoffe und auch geringere Kosten für die ÖPNV-Anbindung neuer Nutzungen entstehen.

### **6.2.1.3 Förderung des Gleisanschlussverkehrs**

Zusätzlich zum kombinierten Verkehr Straße/Schiene soll auch der Gleisanschlussverkehr gefördert werden. Möglichkeiten bestehen z.B. durch die Bauleitplanung (z.B. Erhalt von genutzter oder zeitweilig nicht genutzter Schieneninfrastruktur, Ausweisung bahnaffiner Unternehmen längs Schienenstrecken), Wirtschaftsförderung (z.B. Zuschüsse für Investitionen in Gleisinfrastruktur/Industriestammgleise gewähren) und Bereitstellung von Information (z.B. bei Verladern das Interesse an Bahntransporten fördern durch Aufzeigen von Vorteilen des Bahntransports, Informationen zum Schienengüterverkehr geben: Ansprechpartner / Fördermittel).

Der Regionalplan Nordhessen sieht vor, dass

- Einrichtungen für den Schienengüterverkehr erhalten, Verknüpfungsstellen Schiene/Straße realisiert und Strecken für den Güterverkehr wo immer wirtschaftlich möglich reaktiviert werden sollen (Kap. 5.1.1)
- bei der Ausweisung neuer Gewerbegebiete mit hohem Güterverkehrsaufkommen – insbesondere mit integrierten Logistikbetrieben – nach Möglichkeit die Nähe zu vorhandenen

Schienenstrecken bzw. Umschlageinrichtungen Schiene/Straße und die Möglichkeit der Einrichtung von Gleisanschlüssen bzw. Industriestammgleisen gegeben sein soll (Kap. 3.1.2).

Allein durch finanzielle Förderung des Landes Hessen mit insgesamt ca. 1,8 Millionen Euro konnten zwischen 2002 und 2010 landesweit ca. 20.000 Lkw-Fahrten und 10 Millionen Lkw-Kilometer vermieden werden.

## 6.3 Lokale Maßnahmen im Ballungsraum Kassel

### 6.3.1 Übersicht der abgeschlossenen und laufenden Maßnahmen aus dem Luftreinhalte- und Aktionsplan für den Ballungsraum Kassel

Im Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Kassel, der im Juli 2006 in Kraft getreten ist, haben die Städte und Gemeinden des Ballungsraums eine Reihe von Maßnahmen (Tabelle 17) festgelegt, die einen dauerhaften Beitrag zur Verminderung der Schadstoffbelastung liefern. Darüber hinaus wurden viele weitere Maßnahmen umgesetzt, die zwar nicht im Einzelnen im Luftreinhalteplan aufgeführt wurden, aber dessen ungeachtet zur Verbesserung der Luftqualität beitragen.

Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Umsetzungsstand
<b>Baunatal</b>		
1	Sukzessive Umstellung auf schadstoffarme Fahrzeuge	laufende Umsetzung
2	Bau der Kindertagesstätte Leiselfeld mit Wohnräumen in Passivhausstandard	umgesetzt
3	Energetische Sanierung der Rundsporthalle	umgesetzt
4	Nutzung von Klärgas zum Betrieb zweier Blockheizkraftwerke	umgesetzt
5	Nutzung von Biogas zum Betrieb zweier Blockheizkraftwerke	umgesetzt
6	Beheizung städtischer Objekte durch privat betriebene Biogasanlage	in Umsetzung
7	Erstellung von Energieausweisen nach der Energieeinsparverordnung für die städtischen Liegenschaften	umgesetzt
8	Emissionsarmer Betrieb von Baustellen	umgesetzt
9	Städtisches Förderprogramm für den Einsatz emissionsarmer Heizsysteme	laufende Umsetzung
10	Errichtung und Betrieb von solarthermischen Anlagen (4.000 m <sup>2</sup> und 4.210 kWp = 4.210 MWh/a) in Baunatal, davon gut 3.000 m <sup>2</sup> auf städtischen Liegenschaften, weitere Anlagen von > 74 m <sup>2</sup> in benachbarten Ortsteilen	umgesetzt (Stand Ende 2010)
11	Festlegungen in Bebauungsplänen zur eingeschränkten Nutzung von Brennstoffen; zulässig nur Erdgas	umgesetzt
12	Radwegeausbau durch Anschluss des Neubaugebietes Baunatal „Am Russgraben“ an das bestehende Radwege-	umgesetzt

Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Umsetzungsstand
	netz parallel zur Marburger Straße	
13	Betrieb einer Photovoltaikanlage auf der Abraumdeponie	umgesetzt
14	Forderung nach einem emissionsarmen Betrieb von Baustellen bei der Vergabe von Bauleistungen	umgesetzt
15	Errichtung von 72 neuen Fahrradabstellanlagen im Stadtgebiet Baunatal	umgesetzt
16	Anschaffung eines Elektroautos als Dienstwagen	umgesetzt
17	Umstellung der Öl-Heizungsanlagen in der Liegenschaft Baunatal, Altenbaunaer Straße 45 gegen einen Holzpelletkessel	umgesetzt
<b>Fuldabrück</b>		
1	Verbesserung des Verkehrsflusses durch Umbau des Kreuzungsbereiches Ostring / Flughafenstraße zu einem Kreisverkehrsplatz	umgesetzt
2	Ausbau- und Attraktivitätssteigerung des Öffentlichen Personennahverkehrs durch Neu- und behindertengerechten Umbau von 8 Fahrgastwarteallen	umgesetzt
3	Attraktivitätssteigerung der Radwege durch bessere Beschilderung und kontinuierliche Überprüfung	laufende Umsetzung
4	Nutzung von Car-Sharing der gemeindlichen Dienststellen	umgesetzt
5	Beteiligung am Betrieb des Güterverkehrszentrums Kassel	umgesetzt
6	Errichtung und Betrieb von solarthermischen Anlagen auf gemeindlichen Liegenschaften	umgesetzt
7	Energetische Sanierung von gemeindlichen Liegenschaften (u.a. Bürgerhaus Bergshausen, Dorfgemeinschaftshaus und Kindertagesstätte Dörnhagen, Feuerwehrgerätehaus Dörnhagen, Bürgerhaus Dennhausen / Dittershausen)	laufende Umsetzung
8	Sukzessive Umstellung auf schadstoffarme Fahrzeuge	laufende Umsetzung
9	Ausweisung von Flächen für Photovoltaik	umgesetzt
10	Durchführung von Umwelttagen zur Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit	laufende Umsetzung
11	Attraktivitätssteigerung des Fußgängerverkehrs durch barrierefreien Umbau	laufende Umsetzung
<b>Fuldataal</b>		
1	Energetische Sanierung öffentlicher Gebäude	in Umsetzung
2	Förderung von Solaranlagen	umgesetzt
3	Bereitstellung von kommunalen Dachflächen sowie Ausweisung von Flächen für Photovoltaikanlagen	umgesetzt
4	Flächendeckende Einführung von Tempo-30-Zonen in	umgesetzt

Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Umsetzungsstand
	Wohngebieten	
5	Modernisierung der Heizungsanlagen in öffentlichen Gebäuden	umgesetzt
6	Durchführung von Umwelttagen zur Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit	laufende Umsetzung
7	Unterstützung von Unternehmen zur Förderung alternativer Energiegewinnung (Biogasanlagen)	umgesetzt
8	Sukzessive Umstellung des gemeindlichen Fuhrparks auf Gasantrieb bzw. emissionsarme Technologie	laufende Umsetzung
9	Absenkung der Raumtemperatur in öffentlichen Gebäuden	umgesetzt
<b>Kassel</b>		
1	Sukzessive Umstellung auf schadstoffarme Fahrzeuge	laufende Umsetzung
2	Einsatz schadstoffarmer Busse	laufende Umsetzung
3	<p>Ausbau- und Attraktivitätssteigerung des Öffentlichen Personennahverkehrs durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Streckenverlängerung der Straßenbahn Kassel- HOLLÄNDISCHE STRASSE bis Vellmar-Nord,</li> <li>• RegioTram-Projekt,</li> <li>• RegioTram-tauglicher Ausbau der Strecken Hofgeismar / Warburg, Wolfhagen, Hessisch Lichtenau und Melsungen,</li> <li>• Verlängerung Kassel, Ihringshäuser Straße bis Fulda-tal-Ihringshausen,</li> <li>• Anbindung von Wolfsanger-Nord (Bossental),</li> <li>• Verlängerung im Bereich Kassel-Leipziger Straße bis Lohfelden,</li> <li>• barrierefreier Ausbau von 35 % der Bushaltestellen,</li> <li>• barrierefreier Ausbau von 94 % der Tramhaltestellen,</li> <li>• Einführung eines dynamischen Fahrgastinformationssystems.</li> </ul>	<p>laufende Umsetzung,</p> <p>umgesetzt</p> <p>umgesetzt</p> <p>laufende Untersuchung</p> <p>laufende Untersuchung</p> <p>laufende Untersuchung</p> <p>umgesetzt</p> <p>umgesetzt</p> <p>umgesetzt</p>
4	Bevorzugung des ÖPNV an Lichtsignalanlagen	umgesetzt
5	Verbesserung der „Grüne Welle“-Steuerung	laufende Untersuchung
6	Prüfauftrag für die Einrichtung einer Umweltzone „Kasseler Becken“	umgesetzt
7	Einrichtung von Park & Ride-Parkplätzen im Rahmen der Streckenverlängerung nach Vellmar-Nord	laufende Umsetzung
8	Prüfauftrag City-Warehouse Kassel	laufende Untersuchung
9	<p>Schrittweiser weiterer Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlage von Radfahrstreifen und Schutzstreifen entlang</li> </ul>	laufende Umsetzung

Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Umsetzungsstand
	von Hauptverkehrsstrecken, <ul style="list-style-type: none"> <li>• separate Beschilderung der Fahrradfreundlichen Routen im Stadt-/ZRK-Gebiet</li> <li>• Ausbau des Radroutennetzes abseits der Hauptverkehrsstraßen,</li> <li>• Bereitstellung von attraktiven Abstellanlagen,</li> <li>• Weiterentwicklung des Bike &amp; Ride-Angebotes,</li> </ul>	
10	Einrichtung von Tempo-30-Zonen in Wohngebieten	umgesetzt
11	Anlage von „Schutzpflanzungen“ entlang der Bundesautobahnen	umgesetzt bzw. bei baulichen Änderungen berücksichtigt
12	Eintragung im Flächennutzungsplan für bebaubare Gebiete als „Vorranggebiet Luftreinhaltung“	umgesetzt
13	Festlegungen in Bebauungsplänen zur eingeschränkten Nutzung von Brennstoffen.	laufende Umsetzung
14	In den Jahren 2009 und 2010 wurden 9 Turn- und Sporthallen und 6 Schulen energetisch saniert und für zwei Spiel- und Sporthäuser energetisch optimierte Ersatzneubauten erstellt.  Energetische Sanierung von Gebäuden im Bestand; im Zeitraum zwischen 2007 und 2015 sind dafür 30 Millionen Euro durch die Wohnungsbaugesellschaften eingeplant	umgesetzt          laufende Umsetzung
15	Emissionsarmer Betrieb von Baustellen	laufende Umsetzung
16	Öffentlichkeitsarbeit durch <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kampagne „Bleib gesund altes Haus“ zur energetischen Altbausanierung,</li> <li>• Imagekampagne „SolarLokal“,</li> <li>• Erarbeitung eines Solardachflächenkatasters, das im Internet der Stadt allen Interessierten zur Verfügung gestellt wird,</li> <li>• intensive Werbung für Solarthermie und Photovoltaik</li> <li>• Mobilitätsberatung.</li> </ul>	laufende Umsetzung
17	Ausbildung der Busfahrer zum kraftstoffsparenden Fahren	laufende Umsetzung
18	Ergänzung des Parkleitsystems durch dynamische Anzeigen	umgesetzt
19	Betrieb von Biogasanlagen von den städtischen Werken Kassel in Homberg und Willingshausen mit einer Leistung von jeweils 1,4 MW <sub>el</sub> und einem Output von 30 Mio. kWh/a Biomethan	umgesetzt

Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Umsetzungsstand
<b>Kaufungen</b>		
1	Einrichtung von Park & Ride-Parkplätzen	umgesetzt
2	Attraktivitätssteigerung des Radverkehrs durch Aufstellung von Fahrradboxen an 3 Straßenbahnhaltestellen	umgesetzt
3	Attraktivitätssteigerung der Radwege durch bessere Beschilderung und kontinuierliche Überprüfung	umgesetzt
4	Umstellung des gemeindlichen Fuhrparks auf schadstoffarme Fahrzeuge	umgesetzt
5	Verbesserung des Verkehrsflusses durch Einbau von Verkehrserkennungsanlagen an Ampeln	umgesetzt
6	Einführung eines Fuhrparkmanagements in der Gemeinde zur Einsparung von Dienstfahrzeugen	umgesetzt
7	Attraktivitätssteigerung des Öffentlichen Personennahverkehrs durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taktzeitverkürzungen der Straßenbahnlinien 4 und 8;</li> <li>• Möglichkeiten zum Fahrradtransport und</li> <li>• Einrichtung eines Anrufsammeltaxi-Verkehrs</li> </ul>	umgesetzt
8	Energieberatung für interessierte Bürger	laufende Umsetzung
<b>Lohfelden</b>		
1	Attraktivitätssteigerung Fußgänger durch Verbreiterung der Gehwege	umgesetzt
2	Attraktivitätssteigerung der Radwege durch bessere Beschilderung und Ausbau von <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radweg entlang des Waldauer Wegs zwischen BAB 78 und Stadtgrenze K 11</li> <li>• Radweg entlang der Bergshäuser Straße zwischen Salzpfad und Rathaus L 3203</li> <li>• Radweg zwischen GVZ und Lohfeldener Rüssel</li> </ul>	umgesetzt
3	Umstellung des gemeindlichen Fuhrparks auf Erdgasbetrieb	umgesetzt
4	Installation von Solaranlagen auf gemeindlichen Liegenschaften (soweit geeignete) von ca. 250 Kwp	umgesetzt
5	Beheizung des Freibads mittels einer solarthermischen Anlage	umgesetzt
6	Energetische Sanierung der Kindertagesstätte und des Bürgerhauses	umgesetzt
7	Einrichtung eines Förderprogramms zur Förderung von Maßnahmen zum Klimaschutz und zum Einsatz regenerativer Energien in Gebäuden	laufende Umsetzung

Nr.	Beschreibung der Maßnahme	Umsetzungsstand
<b>Niestetal</b>		
1	Errichtung und Betrieb gemeindeeigener Photovoltaikanlagen	umgesetzt
2	Bereitstellung von kommunalen Dachflächen für Photovoltaikanlagen	umgesetzt
3	Einrichtung eines Förderprogramms zur Errichtung von Solarthermischen Anlagen und Photovoltaikanlagen	laufende Umsetzung
4	Energetische Sanierung aller Kindergärten	umgesetzt
5	Anschaffung eines Erdgasautos als Dienstwagen für das Rathaus und eines Elektroautos für den Bauhof	umgesetzt
6	Sukzessiver Ausbau des Öffentlichen Personennahverkehrs und der Radverkehrsinfrastruktur	laufende Umsetzung
<b>Vellmar</b>		
1	Attraktivitätssteigerung der Radwege durch bessere Beschilderung	umgesetzt
2	Energetische Sanierung der Kindergärten und des Hallenbads	umgesetzt
3	Bereitstellung von kommunalen Dachflächen für Photovoltaikanlagen	umgesetzt
4	Ausbau und Attraktivitätssteigerung des Öffentlichen Personennahverkehrs durch Einführung einer Regiotram	umgesetzt
5	Einrichtung von 5 Park & Ride-Parkplätzen (3 Regiotram, 2 Straßenbahn)	umgesetzt
6	Umfangreiche Maßnahmen zur Stadtbegrünung durch Baumpflanzungen	umgesetzt
<b>Ballungsraum Kassel</b>		
1	Einheitliche Wegweisung des regionalen Radroutennetzes	umgesetzt

**Tabelle 17:** Umsetzungsstand der Maßnahmen aus dem Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Kassel sowie darüber hinausgehender Maßnahmen, die der Verbesserung der Luftqualität dienen

# 7 Geplante Maßnahmen

## 7.1 Europäische Maßnahmen

### 7.1.1 Einführung neuer Abgasstandards

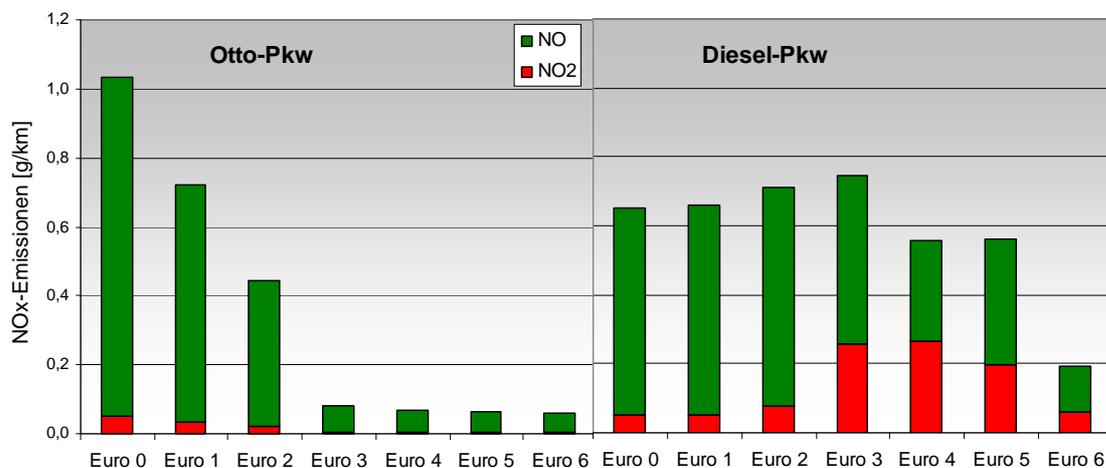
Nachdem offensichtlich wurde, dass mit den geltenden Abgasgrenzwerten die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte nicht erreicht werden kann, hat die Europäische Union eine weitere Absenkung der Fahrzeugemissionen sowohl für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge als auch für schwere Nutzfahrzeuge vorgesehen.

Pkw und leichte Nutzfahrzeuge			Lkw und Busse		
Norm	Jahr	Richtlinie	Norm	Jahr	Richtlinie
Euro 6	2014/2015	2007/715/EG	Euro VI	2013	2009/595/EG

**Tabelle 18:** Zukünftige Abgasnorm

Die mit Einführung der Euro-6/VI-Norm erfolgten Verschärfungen betreffen vor allem den Bereich der Stickstoffoxide. Die PM-Grenzwerte bleiben bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen gegenüber dem Grenzwert nach der Euro-5-Norm unverändert. Nur bei schweren Nutzfahrzeugen wird auch der Partikelgrenzwert gesenkt.

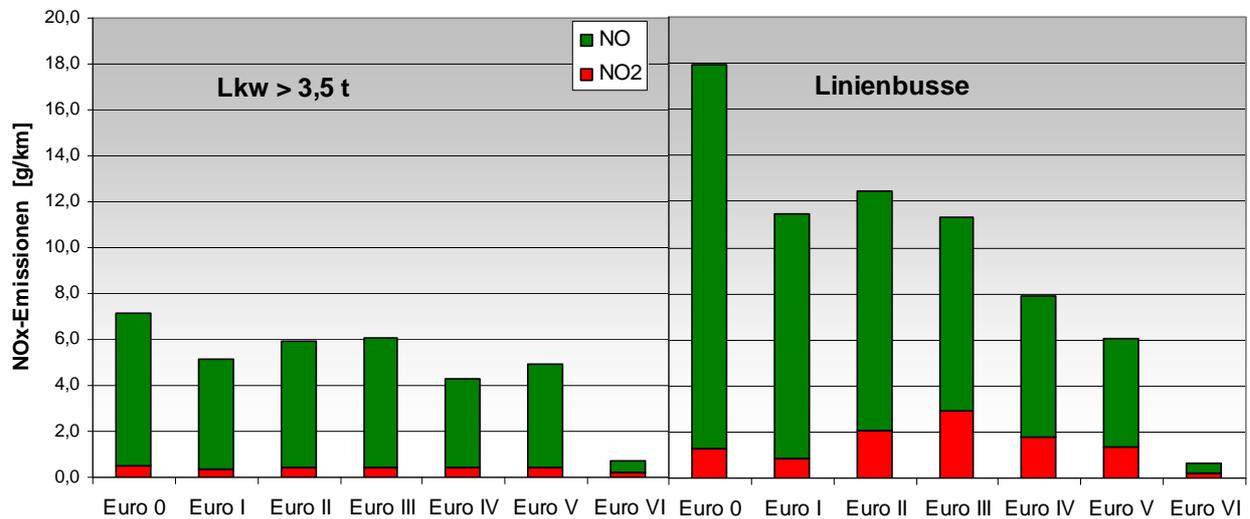
Dabei ist zu beachten, dass die verschärften Abgasnormen (Emissionsgrenzwerte) zunächst nur für Neuwagen gelten und erst über das Ausscheiden von Altfahrzeugen eine Senkung der mittleren Emissionswerte der Fahrzeugflotte erfolgt. Bis zu einer merklichen Minderung der Abgasemissionen aufgrund einer modernisierten Fahrzeugflotte vergehen leicht 10 Jahre und mehr. Neue Untersuchungen über das Ausmaß verkehrsbedingter Luftschadstoffbelastungen mehrerer EU-Staaten und der Schweiz, dargestellt im Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) Version 3.1 vom Januar 2010 [12] zeigen, dass vor allem die direkten NO<sub>2</sub>-Emissionen der Diesel-Pkw mit der Euro-3-Norm drastisch gegenüber denen älterer Dieselmotoren zunahm. Da auch der Gesamtausstoß von Stickstoffoxiden nicht geringer wurde, stellen Diesel-Pkw nach Euro-3-Norm aufgrund ihrer weiten Verbreitung derzeit die kritischste Gruppe von Fahrzeugen im Straßenverkehr dar.



**Abbildung 27:** Mittlere NO<sub>2</sub>- und NO-Emissionsfaktoren für Pkw im Innerortsverkehr, HBEFA 3.1, Bezugsjahr: 2010

Erst mit Einführung Euro 6 ist auch bei Diesel-Pkw mit einem deutlichen Rückgang nicht nur der NO<sub>2</sub>-Direktemissionen, sondern auch des Gesamtstickstoffoxidausstoßes zu rechnen.

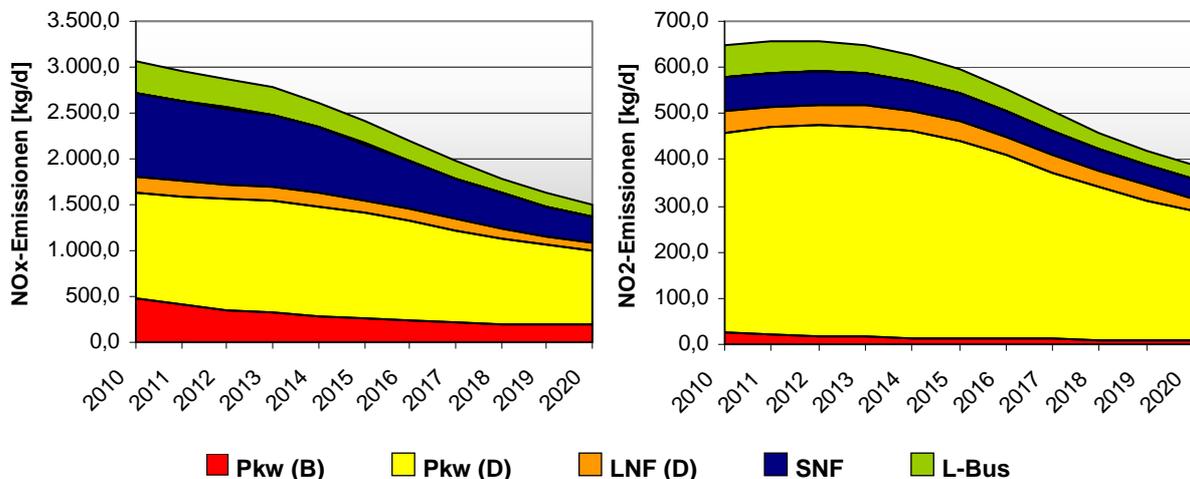
Gegenüber den Ergebnissen des HBEFA 2.1 emittieren schwere Nutzfahrzeuge (Lkw und Busse) weniger Schadstoffe als ursprünglich angenommen. Auffällig ist die geringe Abnahme der Emissionen mit zunehmender Euro-Norm. Ein Lkw mit Euro-V-Standard emittiert nahezu genauso viel Gesamtstickstoffoxid wie ein Lkw mit Euro-I-Standard.



**Abbildung 28:** Mittlere NO<sub>2</sub>- und NO-Emissionsfaktoren für Lkw und Busse im Innerortsverkehr, HBEFA 3.1, Bezugsjahr: 2010

Das bedeutet, dass über zwanzig Jahre hinweg die Emissionen im realen Betrieb trotz großer technischer Fortschritte kaum gesunken sind. Auch hier wird erst mit Einführung von Euro-VI-Fahrzeugen eine merkliche Reduktion der Belastung eintreten, sofern das Emissionsverhalten im normalen Betrieb die vorgegebenen Emissionsgrenzwerte einhält.

Im HBEFA wurden Emissionsfaktoren (= tatsächliche Emissionen im Fahrzeugbetrieb) für mittlere Innerortssituationen ermittelt, die sich an den Emissionsstandards der Fahrzeuge für das jeweilige Bezugsjahr orientieren. So kann eine Entwicklung der Fahrzeugemissionen bei gleichbleibendem Verkehrsaufkommen und Fahrzeugzusammensetzung über mehrere Jahre hin abgeschätzt werden.



**Abbildung 29:** Prognose der verkehrsbedingten Stickstoffoxid- und Stickstoffdioxidemissionen im Bereich des Kasseler Beckens für eine mittleren Innerortssituation für die Bezugsjahre 2010 bis 2020; HBEFA 3.1

Während die Gesamtstickstoffoxidemissionen (NO<sub>x</sub>) von Jahr zu Jahr abnehmen, ist bei den NO<sub>2</sub>-Emissionen noch bis zum Jahr 2012 ein Anstieg zu verzeichnen. 2012 wird erst wieder der Wert des Jahres 2010 erreicht und bis zum Jahr 2015 kann mit einem Rückgang der NO<sub>2</sub>-Direktemissionen um 8,1 % und mit einem Rückgang der Gesamtstickstoffoxidemissionen um 21,4 % gegenüber dem Jahr 2010 gerechnet werden.

Um die Wirkung der sich vermindernenden Emissionen auf die Immissionsbelastung zu ermitteln, sind aufwändige Berechnungen erforderlich, da eine direkte und einfache Korrelation zwischen Emissionen und den daraus resultierenden Immissionen nicht existiert. Das ifeu-Institut hat für das Land Baden-Württemberg in einer Studie [28] die Entwicklung der NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentration über die Zeit berechnet, die für einzelne Straßen in verschiedenen baden-württembergischen Städten zwischen 14,7 und 20 % lagen.

**Prognostizierte Minderung:** Bis zum Jahr 2015 (gerechnet ab 2010), Rückgang der verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen im Ballungsraum Kassel um gut 21 % und der verkehrsbedingten NO<sub>2</sub>-Direktemissionen um gut 8 %.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Laufend durch kontinuierliche Verbesserung der Emissionsstandards der Fahrzeugflotte

## 7.2 Nationale Maßnahmen

### 7.2.1 Industrie

#### 7.2.1.1 Verschärfung von Emissionsgrenzwerten

Industrieanlagen mit erheblichen Stickstoffoxidemissionen sind vor allem Kraftwerke und Abfallverbrennungsanlagen. Trotz bereits bestehender hoher Anforderungen werden diese Industrieanlagen zukünftig weiter in ihren NO<sub>x</sub>-Emissionen (gerechnet als NO<sub>2</sub>) beschränkt. Mit Verordnung vom 27. Januar 2009 (BGBl. I S. 129, 131) wurden bei Anlagen nach der 13. BImSchV (Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen [16]) und der 17. BImSchV (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen [22]) zu den bestehenden Halbstunden- und Tagesmittelwerten zusätzlich Jahresmittelwerte als Emissionsgrenzwert für NO<sub>x</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>, eingeführt. Die Vorgaben gelten deutschlandweit und unabhängig von Standorten in Belastungsgebieten, jedoch erst für Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2012 in Betrieb gehen bzw. für wesentliche Änderungen bestehender Anlagen nach diesem Zeitpunkt.

Industrieanlagen tragen aufgrund der Ableitung der Emissionen über relativ hohe Schornsteine i.d.R. nur zum geringen Prozentsatz zu den örtlichen Schadstoffkonzentrationen bei. Dessen ungeachtet sind die emittierten Schadstoff-Massenströme hoch. Sie verteilen sich mit der freien Luftströmung in einem weiten Umkreis. Emissionsmindernde Maßnahmen tragen hier zu einer Absenkung des allgemeinen Hintergrundniveaus bei.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Für neu in Betrieb gehende oder wesentlich geänderte Verbrennungsanlagen ab 1. Januar 2013

## 7.2.2 Verkehr

### 7.2.2.1 Förderung von Euro-6-Diesel-Pkw

Als Anreizsystem für eine frühzeitige Einführung von Euro-6/VI-Fahrzeugen wird ab 1. Januar 2011 für Diesel-Pkw, die die Euro-6-Norm erfüllen und seit dem 1. Januar 2011 erstmalig zugelassen werden, eine einmalige Steuerbefreiung in Höhe von 150 € gewährt.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 1. Januar 2011 befristet bis 31. Dezember 2013

### 7.2.2.2 Förderung zur Beschaffung von Euro-VI-Lkw

Als Anreizsystem für eine frühzeitige Einführung von Euro-6-Fahrzeugen wird die Anschaffung von schweren Nutzfahrzeugen der Euro-VI-Norm ab 1. Juli 2011 über das Förderprogramm zur Anschaffung emissionsarmer schwerer Nutzfahrzeuge gefördert werden. Die Höhe der Zuwendung liegt in Abhängigkeit von der Größe des Unternehmens zwischen 1.400 und 2.200 € pro Euro-VI-Fahrzeug.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 1. Juli 2011

## 7.3 Regionale Maßnahmen

### 7.3.1 Staufreies Hessen

Als Maßnahmen zur Verbesserung des Verkehrsflusses und damit indirekt auch der Reduzierung der verkehrsbedingten Feinstaub- und Stickstoffoxidemissionen sind geplant:

- Eine Netzbeeinflussung durch **dWiSta** (dynamische Wegweiser mit integrierter Stauinformation) für die Netzmasche A7/A44/A49 und für einen Long-Distance-Korridor in Richtung Berlin. Die dWiSta ermöglichen die straßenseitige Bereitstellung von Stau- und Umleitungsinformationen und unterstützen die Verkehrslenkung auch außerhalb des Autobahnnetzes. Die Maßnahmen stehen unter dem Finanzierungsvorbehalt des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- Für die oben erwähnten Bereiche soll durch ein **Strategiemanagement** sichergestellt werden, dass ein flüssiger und umweltfreundlicher Verkehr nicht davon abhängt, wer für eine Straße oder einen Parkplatz verantwortlich ist (z.B. Stadt, Land oder Flughafen). Zwischen den Verantwortlichen abgestimmte Verkehrsmanagementstrategien sorgen dafür, dass der Verkehr über Zuständigkeitsgrenzen hinweg gelenkt wird, ohne dass die beteiligten Stellen ihre Verantwortung für ihr Teilsystem abgeben müssen.

**Prognostizierte Minderung:** Im Ballungsraum Rhein-Main wurden die Maßnahmen bereits umgesetzt und trugen dazu bei, dass sich die jährliche Gesamtstaudauer auf ca. ein Viertel reduzierte.

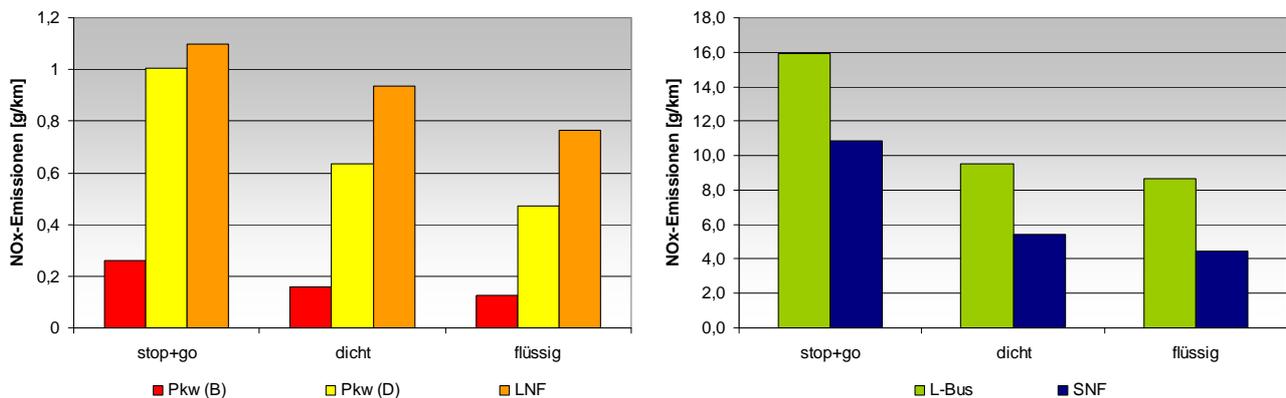
**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 1. Juli 2011

## 7.4 Lokale Maßnahmen

### 7.4.1 Verkehr

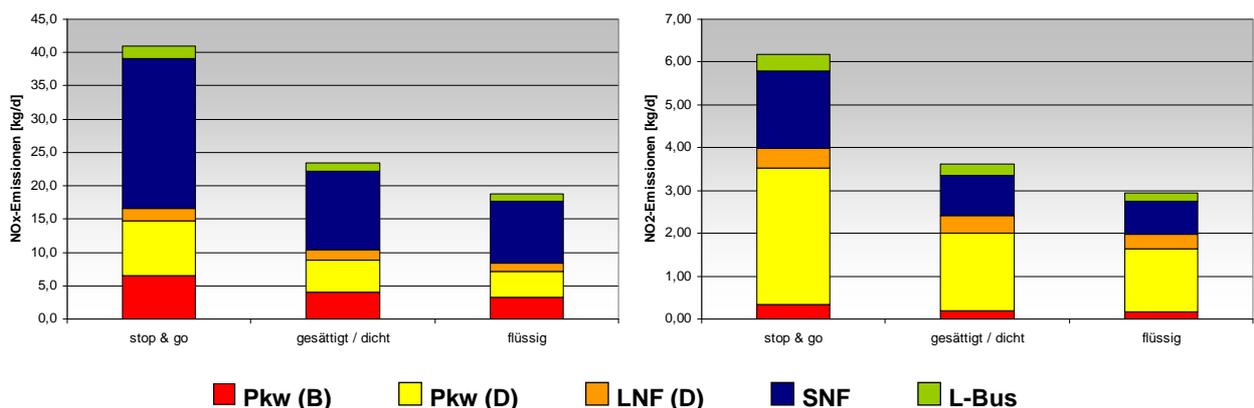
#### 7.4.1.1 Verbesserung des Verkehrsflusses

Ausbau der Steuerung der Lichtsignalanlagen im Rahmen des Konzepts „Grüne Welle“ zu intelligenten Informationssystemen in der Stadt Kassel. So kann z.B. eine Versatzzeitoptimierung die Wartezeiten und Halte an den Lichtsignalanlagen nach ersten Erfahrungen aus anderen Kommunen und begleitenden Evaluationsuntersuchungen zu einer Verminderung von Anhalten in Höhe von ca. 5 bis 10 % führen. Bei hohem Verkehrsaufkommen werden aufgrund der beträchtlichen Anzahl an Ampelhalten hohe Abgasemissionen frei. Wie in Abbildung 30 dargestellt, kann eine Verkehrsverflüssigung die Emissionen deutlich vermindern.



**Abbildung 30:** NO<sub>x</sub>-Emissionsverhalten von Fahrzeugen bei unterschiedlicher Durchlässigkeit des Verkehrs; HBEFA 3.1; Hauptverkehrsstraße, Geschwindigkeitsbeschränkung 50 km/h; Bezugsjahr 2011

Übertragen auf das Verkehrsaufkommen der Holländischen Straße werden in Abbildung 31 die verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Emissionen bei verschiedenen Störungsgraden des Verkehrs dargestellt.



**Abbildung 31:** Verkehrsbedingte NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Emissionen am Beispiel des Verkehrsaufkommens in der Holländischen Straße; HBEFA 3.1, Hauptverkehrsstraße, Geschwindigkeitsbegrenzung 50 km/h

Bei einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von ca. 35.000 Fahrzeugen wie in der Holländischen Straße werden aufgrund der beträchtlichen Anzahl an Ampelhalten hohe Abgasemissio-

nen frei. Wie in Abbildung 30 dargestellt, kann bereits eine Verkehrsverflüssigung die Stickstoffoxidbelastung deutlich vermindern.

Darüber hinaus soll in Kassel durch Ausbau der Loßbergstraße zwischen Bruchstraße und Teichstraße / Heßbergstraße der Verkehrsfluss deutlich gegenüber dem heutigen Zustand verbessert werden. Weiterhin ist eine Optimierung der Verkehrsrelation Bertha-von-Suttner-Straße / Druseltalstraße / Eugen-Richter-Straße vorgesehen.

In Fuldabrück, Ortsteil Dörnhagen, soll im Rahmen der Einrichtung eines Dorfplatzes mittels entsprechender Verkehrslenkungsmaßnahme der Verkehrsfluss verbessert werden. Darüber hinaus ist die Verbesserung des Verkehrsflusses durch Umbau des Kreuzungsbereichs L 3460 / Glockenhofsweg / Stellbergstraße zu einem Kreisverkehr im Ortsteil Dörnhagen geplant.

In der Gemeinde Kaufungen ist eine Verbesserung des Verkehrsflusses durch Einrichtung eines Kreisplatzverkehrs im Bereich des Handelhofes Niederkaufungen sowie durch innerörtliche Wegweisung zu öffentlichen Einrichtungen, Betrieben und Ausflugszielen vorgesehen.

Ebenfalls eine Verbesserung des Verkehrsflusses ist durch den Um- und Ausbau der Ortsdurchfahrt Niestetal L 562 im Ortsteil Sandershausen vorgesehen.

**Prognostizierte Minderung:** Minderung der NOx-Emissionen um ca. 5 bis 10 %

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011

#### **7.4.1.2 Bau von Umgehungsstraßen**

Planung einer Umgehungsstraße Kaufungen – Oberkaufungen. Der Flächennutzungsplan im Bereich des Zweckverbandes Raum Kassel wurde u.a. im Hinblick auf die geplante Umfahrung Kaufungen – Oberkaufungen der Kreisstraße 6 angepasst (siehe [http://www.zrk-kassel.de/FNP/pdf/UB\\_TextteilA4.pdf](http://www.zrk-kassel.de/FNP/pdf/UB_TextteilA4.pdf), S. 196). Das Projekt befindet sich noch im Planungsstadium, wobei eine Anpassung der Flächennutzungsplanung bereits erfolgt ist.

Gemeinsam mit fünf anderen Kommunen im Landkreis Kassel beabsichtigt Niestetal ein ca. 130 Hektar großes Gewerbegebiet (Sandershäuser Berg) auf Niestetaler Gemarkung zu erschließen. Die nutzbaren Gewerbeflächen sollen nach letztem Planungsbeschluss etwas 85 ha betragen. Da der für dieses Gebiet notwendige Autobahnanschluss nicht kurzfristig verwirklicht werden kann, wird die Gemeinde Niestetal ein eigenes 25 ha großes Gewerbegebiet entwickeln, wobei eine Erweiterung auf die ursprünglich vorgesehene Größe nach wie vor angestrebt wird.

So beschloss die Niestetaler Gemeindevertretung im Juli 2009 die Aufstellung der entsprechenden Bebauungspläne. Diese betreffen u.a. einen Anschluss des Gewerbeparks an das örtliche Verkehrsnetz (Verlängerung der Hannoverschen Straße Richtung Landwehrhagen zwischen der L 562 und der K3 mit Fortführung zur L 3237) sowie eine Straße östlich der Auztobahn zwischen dem Gewerbegebiet und der Heiligenröder Straße. Beide Zufahrtsstraßen sollen neben der Erschließung des Sandershäuser Bergs auch als Umgehung des Ortsteils Sandershausen und somit der Verkehrsentlastung auf der Hannoverschen Straße dienen.

Durch die Verwirklichung wird der Verkehr zwar nicht vermindert, erfolgt aber an Stellen, die i.d.R. besser durchlüftet sind. Darüber hinaus werden deutlich weniger Personen den Emissionen und damit möglichen Gesundheitsgefährdungen ausgesetzt. Durch den i.d.R. damit verbundenen verbesserten Verkehrsfluss, können auch in geringem Umfang verkehrsbedingte Emissionen eingespart werden.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Der Anschluss an die L 562 wurde bereits in Betrieb genommen, die östlich zur Autobahn angelegte Straße befindet sich derzeit im Bau.

### 7.4.1.3 Verkehrsvermeidung

#### 7.4.1.3.1 Maßnahmen im Güterverkehr

Auf einer Fläche von rund 23.000m<sup>2</sup> wurden in den Jahren 2002 und 2003 mit Fördermitteln des Bundes von ca. 6 Mio. € ein KV Terminal für das Güterverkehrszentrum errichtet und im Frühjahr 2004 in Betrieb genommen. zukünftig sollen weitere Flächen zur Verfügung gestellt werden, um eine weitgehend zentrale Abwicklung des Güterverkehrs im Ballungsraum zu erreichen. Die Umschlaganlage soll erweitert werden, um zusätzliche Bahntransporte zu ermöglichen.

Eine Wiedereinführung der City-Logistik Kassel wird durch einen Forschungsauftrag im Verbund mit dem Forschungsprojekt KLIMZUG untersucht. Durch das bestehende Güterverkehrszentrum besteht bereits eine wichtige Ausgangsbasis für die Verteilung von Waren auf schadstoffarme Nutzfahrzeuge, die im Gegensatz zu einer jeweils separaten Warenanlieferung erhebliche Fahrzeugkilometer pro Tag einsparen könnten. Erste Hinweise auf Einsparungen können einem Vortrag der Universität Kassel unter [http://www.ebs.edu/smi/fileadmin/LRM/PDF/2010-09-09\\_Clusterforum\\_Vortrag\\_Koehler.pdf](http://www.ebs.edu/smi/fileadmin/LRM/PDF/2010-09-09_Clusterforum_Vortrag_Koehler.pdf) entnommen werden.

Im Rahmen der Erarbeitung eines Verkehrsentwicklungsplans Kassel 2025 soll eine weitergehende umweltentlastende Abwicklung von Verkehrsabläufen geprüft und festgelegt werden.

**Prognostizierte Minderung:** Derzeit nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Weitere Flächennutzung ab 2011  
Ergebnisse des Forschungsvorhabens zur City-Logistik werden im Jahr 2013 erwartet.

#### 7.4.1.3.2 Kostenloses Pendlerportal für Nordhessen

Mit der Bildung von Fahrgemeinschaften kann der Besetzungsgrad erhöht, die Verkehrsbelastung reduziert und damit ein aktiver Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Die Nutzer sparen Benzinkosten und sind stressfreier unterwegs.

Das Portal ist kostenfrei und einfach zu bedienen. Alle Nutzer können ab 01.04.2011 ihre Angebote auf [www.nordhessen.pendlerportal.de](http://www.nordhessen.pendlerportal.de) einstellen und darüber Fahrgemeinschaften bilden

**Prognostizierte Minderung:** Derzeit nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Das Pendlerportal wurde zum 1. April 2011 freigeschaltet.

#### 7.4.1.4 Einrichtung von Park&Ride-Parkplätzen

Zur Erhöhung der Akzeptanz öffentlicher Nahverkehrsmittel sollen im Zuge des Straßenbahnbaus von Kassel nach Vellmar weitere Park&Ride-Parkplätze eingerichtet werden. Darüber hinaus soll die Einrichtung von Park&Ride-Parkplätzen an der Sporthalle in Fuldabrück-Dörnhausen geprüft werden.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar; abhängig von der Akzeptanz des Einzelnen, öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Die Bauphase hat bereits begonnen; der Abschluss erfolgt voraussichtlich noch in 2011.

#### **7.4.1.5 Umstellung auf schadstoffarme (Elektro-)Fahrzeuge**

Sofern nicht bereits geschehen, werden die Kommunen Vellmar und Niestetal und Fulda die gemeindeeigene Fahrzeuge auf schadstoffarme Fahrzeuge umstellen. Die Gemeinde Lohfelden wird die Maßnahmen des neuen Verkehrsentwicklungsplans für eine umweltgerechte Mobilität und die Stadt Kassel wird ihre Beschaffungsrichtlinie für städtische Kfz hinsichtlich der geforderten Emissionsstandards aktualisieren und umsetzen. Sie hat im Januar 2010 auch den Beschluss gefasst, Kassel zusammen mit anderen nordhessischen Kommunen zu einer Modell- und Kompetenzregion für Elektrofahrzeuge zu entwickeln und in Fachgesprächen entsprechende Konzepte zu erarbeiten.

Die Gemeinde Kaufungen will im Rahmen des Elektro-Mobil-Projektes mit der Kommune Niederkaufungen, ihren Gemeindefuhrparks soweit wie möglich auf Elektrofahrzeuge umstellen.

Die Stadt Kassel wird städtische Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen im kraftstoffsparenden Fahren von Dienstfahrzeugen schulen und wird eine Einführung von car-sharing für Dienstfahrten prüfen.

**Prognostizierte Minderung:** Im Vergleich zum Gesamtschadstoffaufkommen gering, jedoch mit Vorbildcharakter

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011

#### **7.4.1.6 Ausbau des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)**

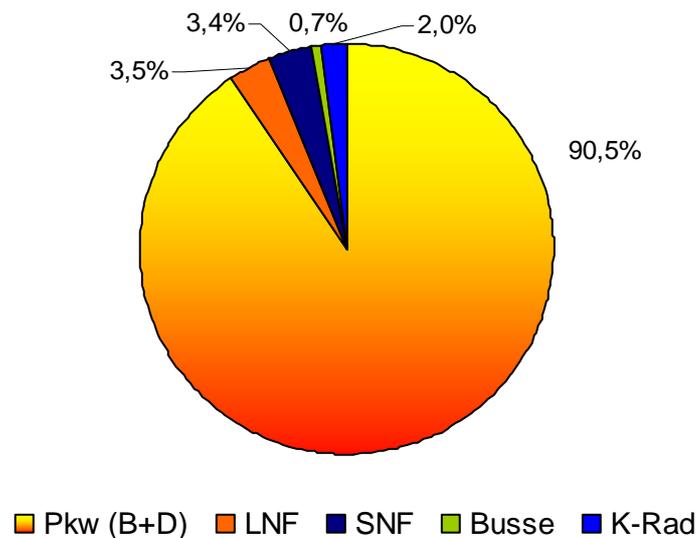
Der bereits in der Vergangenheit durchgeführte Ausbau des ÖPNV soll weiter zur Verminderung des Verkehrsaufkommens im Ballungsraum fortgeführt werden. Dazu sind folgende Maßnahmen vorgesehen oder werden geprüft:

- Straßenbahnanbindung von Wolfsanger-Nord (Bossental),
- Bessere Erschließung des Universitätsgeländes einschließlich der Erweiterungsfläche „Campus Nord“
- Weiterführung der Straßenbahn / RegioTram nach Lohfelden,
- Bau einer Straßenbahn / RegioTram nach Waldau,
- Bessere ÖPNV-Erschließung der Gemeinde Niestetal,
- Bessere ÖPNV-Anbindung von Bergpark Wilhelmshöhe und Prüfung einer Herkulesbahn.

Insbesondere die Straßenbahnen und RegioTrams im Ballungsraum tragen zur Verminderung von Luftschadstoffen bei, da sie zum größten Teil elektrisch betrieben werden. Durch den Ausbau des Tram- und RegioTram-Netzes können Busverkehre durch diese ersetzt werden. So entfallen mit Eröffnung der Tram nach Vellmar mindestens drei ganztägig verkehrende Busumläufe sowie einige Spitzenfahrten. Bei Realisierung der Neubaustrecke Kassel-Waldau würden sogar acht ganztägig verkehrende Gelenkbusumläufe ersetzt. Darüber hinaus werden auch parallele Fahrten zu Tramstrecken reduziert.

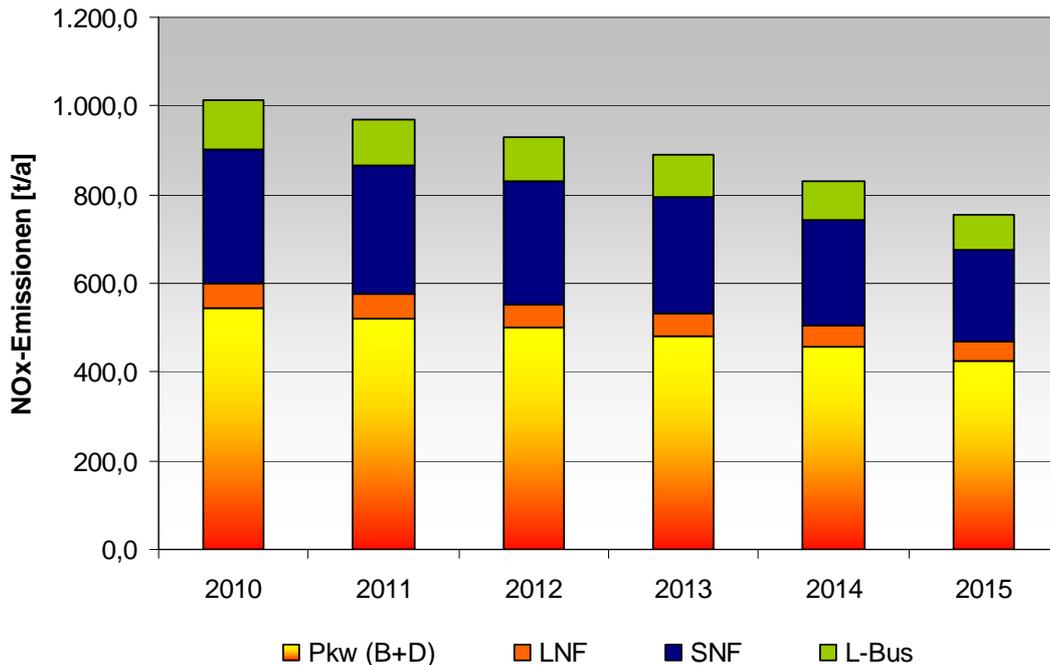
Der Ausbau des ÖPNV kann den Anteil an motorisiertem Individualverkehr (MIV), d.h. Fahrten mit dem eigenen Pkw, deutlich verringern helfen. Allein durch die geplante Verlängerung der Straßenbahn von Kassel nach Vellmar wurde eine Einsparung von ca. 2.100 Pkw-Fahrten am Tag prognostiziert. Dies entspricht einer Reduktion von ca. 7 t Stickstoffoxiden im Jahr.

In den nächsten Jahren wird eine Reduzierung des MIV am Gesamtverkehrsaufkommen um ca. 10 % angestrebt. Dies entspräche im Kasseler Becken einer Einsparung von 167 Millionen Fahrzeugkilometer im Jahr. Da die Verringerung der Pkw-Fahrten insbesondere durch Ausbau der Straßenbahnen / RegioTram erfolgen soll, werden deutliche Minderungen der Stickstoffoxidbelastung erzielt werden können, da die Straßenbahnen selbst keine Emissionen von Luftschadstoffen produzieren. Dennoch wird der Anteil der Busfahrten am Verkehrsaufkommen leicht erhöht.



**Abbildung 32:** Anteile der Fahrzeugkategorien am Verkehrsaufkommen (Stand: 2007)

Zur Abschätzung der Minderungswirkung wurde für die Jahre 2011 bis 2015 eine jährliche Verminderung der Pkw-Fahrten um 2 % und eine Zunahme der Busfahrten um 0,01 % angenommen. Ausgehend von den mittleren Emissionsfaktoren für die jeweiligen Fahrzeugtypen im Innerortsverkehr nach HBEFA 3.1, die auch die sich verbessernden Emissionsstandards der Jahre 2010 bis 2015 berücksichtigt, wurde eine Abschätzung vorgenommen.



**Abbildung 33:** Entwicklung der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei Verminderung der Pkw-Fahrten um 2 % jährlich und Erhöhung der Busfahrten um 0,01 % im Ballungsraum Kassel bis zum Jahr 2015

Im Vergleich zu unveränderten Anteilen an Pkw- und Busfahrten, können über 41 t Stickstoffoxide und davon 13,5 t zu direkten NO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr eingespart werden. Das entspricht gut 5 % aller verkehrsbedingten Stickstoffoxide. Bei einem Gesamtverkehrsanteil an der NO<sub>2</sub>-Belastung im Ballungsraum Kassel von 67 %, könnte damit eine Minderung von ca. 1,4 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> erzielt werden.

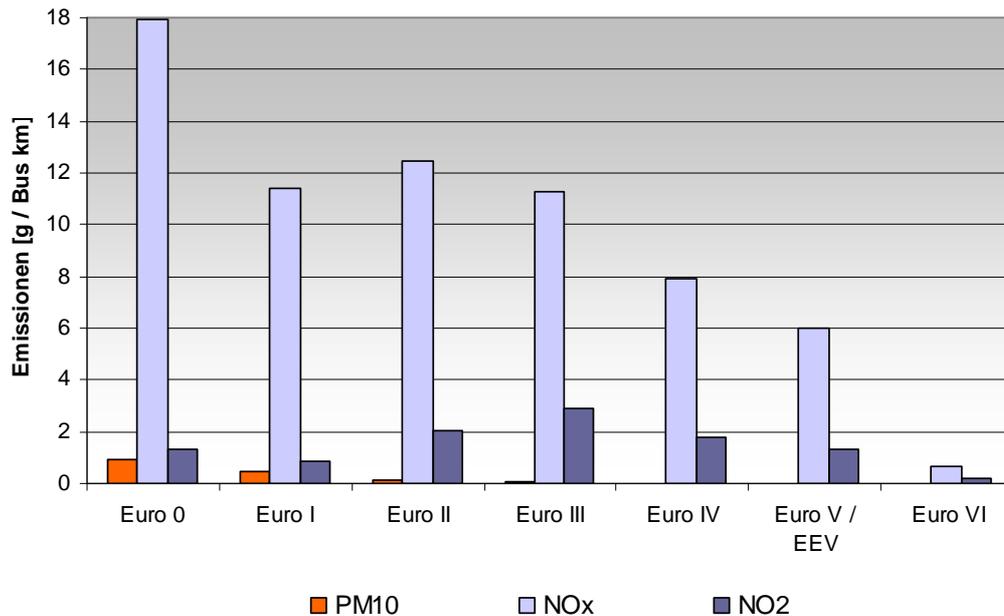
**Prognostizierte Minderung:** 5 % des verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen bzw. ca. 1,4 µg/m<sup>3</sup> an der NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011 laufende Umsetzung

#### 7.4.1.7 Weitere Verbesserung der Emissionsstandards der Busflotte

Nachdem die im Ballungsraum Kassel agierenden Verkehrsverbände KVG (Kasseler Verkehrs Gesellschaft) und NVV (Nordhessischer Verkehrsverbund) bereits in den vergangenen Jahren damit begonnen haben, die Busflotte auf emissionsarme Abgasstandards umzustellen, soll dies auch zukünftig fortgeführt werden.

Die Direktmissionen von Stickstoffdioxid sind insbesondere bei Euro-III-Bussen im Vergleich mit Euro-II-Bussen bei nahezu gleichbleibenden Gesamtstickstoffoxidmissionen besonders hoch. Daher ist ein möglichst schneller Ersatz dieser Fahrzeuge durch moderne Euro-V-, noch besser durch Euro-VI-Fahrzeuge erforderlich. Solange Euro-VI-Fahrzeuge noch nicht auf dem Markt erhältlich sind, ist der EEV-Standard der beste verfügbare Standard. Er entspricht in etwa dem Euro-V-Standard, ist jedoch etwas schadstoffärmer als Euro V. Die nachstehende Abbildung verdeutlicht die Verminderung der Schadstoffmissionen bei Bussen mit fortschreitender Euro-Norm.



**Abbildung 34:** Durchschnittliche Emissionsfaktoren für Linienbusse innerorts, HBEFA 3.1, Bezugsjahr 2010

Von den 60 im regelmäßigen Linienbetrieb eingesetzten Bussen der KVG entsprechen 30 Busse Euro III mit Rußfilter, sechs Busse Euro IV und 24 Busse Euro V (EEV-Standard).

Um den Kraftstoffverbrauch und die Emissionen der KVG, weiter zu senken, sind folgende Vorgaben für die Zukunft geplant:

- Es wird langfristig angestrebt, 80 % der Verkehrsleistung im Busnetz der KVG mit Fahrzeugen zu erbringen, die mit Partikelfiltern zur Reduzierung der Feinstaubbelastung ausgerüstet sind.
- Durch modernes Motor- und Getriebemanagement ist eine Kraftstoffreduzierung anzustreben.
- Das Fahrpersonal ist im Hinblick auf umweltbewusstes und kraftstoffsparendes Fahrverhalten zu schulen.
- Neufahrzeuge sollten in der Regel der EEV-Norm entsprechen.

Der NVV muss für Fahrzeuge, die ganzzeitig im Einsatz sind, folgende Kriterien erfüllen:

- Zurzeit Euro 4 bzw. ab Zulassung 1. Oktober 2009 Euro V, bei den nächsten Ausschreibungen Euro-Normen V bzw. VI, je nach Ausschreibungsdatum;
- Fahrzeugalter nicht älter als 8 Jahre; Ersatz spätestens nach 8 Jahren durch ein Fahrzeug neuester Euro-Norm;
- Flottenalter nicht größer als 6 Jahre;
- Verpflichtung zur Einhaltung gesetzlicher Bestimmung, u.a. in Bezug auf Abgasgrenzwerte.

**Prognostizierte Minderung:** Minderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen der Busflotte um 3,2 %.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Laufende Verbesserung.

#### **7.4.1.8     *Attraktivitätssteigerung des ÖPNV***

Nicht nur die prinzipielle Möglichkeit der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel für den Transport innerhalb des Ballungsraums trägt zur Verkehrsverminderung bei, sondern auch die Attraktivität des Angebots.

Zur weiteren Verbesserung des Angebots sind vorgesehen:

- Ein barrierefreier Ausbau der übrigen Haltestellen in Fuldabrück,
- ein Umbau der Bushaltepunkte für einen barrierefreien Zugang in Vellmar,
- weiterer Ausbau des dynamischen Fahrgastinformationssystems in Kassel,
- ein barrierefreier Ausbau von 15 Bus- und 5 Tramhaltestellen in Kassel sowie
- eine Initiative zur Fahrtakterhöhung am Bahnhofpunkt in Fuldata, Ortsteil Ihringshausen.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Laufende Umsetzung ab 2011

#### **7.4.1.9     *Ausbau und Attraktivitätssteigerung des Radverkehrs***

Der Zweckverband Raum Kassel bildet zusammen mit der Stadt Kassel und dem Landkreis Kassel das Radforum Region Kassel. Ziel des Radforums ist die Förderung des Radverkehrs ([www.radforum-region-Kassel.de](http://www.radforum-region-Kassel.de)), womit eine Veränderung in der Verkehrsmittelwahl von derzeit ca. 6 % Fahrradfahrten auf ca. 10 % angestrebt wird. Erste Maßnahme war die Definition und einheitliche Wegweisung des regionalen Radroutennetzes, die bereits umgesetzt wurde.

Zum weiteren Ausbau des Radwegenetzes sind folgende Projekte vorgesehen.

- Lückenschluss des Radweges zwischen Fuldabrück - OT Bergshausen und Lohfelden – OT Crumbach parallel zur L 3203,
- Radwegeausbau entlang der K22 Elgershäuser Straße Richtung Schauenburg-Elgershausen,
- Radwegeausbau entlang der Landesstraße L3218 Richtung Schauenburg-Elgershausen,
- Anlage von Radfahrstreifen und Schutzstreifen entlang von Hauptverkehrsstraßen,
- Ausbau des Radroutennetzes abseits von Hauptverkehrsstraßen,
- Einführung eines öffentlichen Leihfahrradsystems unter Beteiligung von KVG und NVV in 2011 (vorgesehen sind 500 Leihfahrräder an 50 Stationen),
- Erneuerung einer Verbindungsbrücke zwischen dem Radwegenetz der Gemeinde Niestetal und der Stadt Kassel sowie
- Radwegenetzausbau zwischen Lohfelden und Kaufungen, Nieste und Kaufungen und Helssa und Kaufungen (Lückenschluss).

Darüber hinaus werden verstärkt so genannte Bike&Ride-Parkplätze eingerichtet und eine aktive Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung des Radverkehrs betrieben.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Die Bike&Ride-Parkplätze befinden sich bereits im Bau; Abschluss voraussichtlich 2011; ab 2011 laufende Umsetzung

#### **7.4.1.10 Attraktivitätssteigerung des Fußgängerverkehrs**

Um insbesondere kürzere Wege und damit emissionsintensive Fahrzeugbewegungen zu vermeiden, plant die Stadt Kassel durch diverse Maßnahmen den Fußgängerverkehr attraktiver zu gestalten. Hierzu gehören:

- Der barrierefreie Umbau von Kreuzungen,
- die Schaffung von attraktiven Straßenräumen durch Umgestaltung der Friedrich-Ebert-Straße / Goethestraße,
- die Verbesserung des Fußwegenetzes sowie die
- Förderung der Nahmobilität

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar, abhängig von der Bereitschaft des Einzelnen für kurze Wege auf das eigene Fahrzeug zu verzichten

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011 laufende Umsetzung

### **7.4.2 Gebäudeheizung**

Die Kommunen des Ballungsraums Kassel haben bereits in der Vergangenheit einen Schwerpunkt auf die Verwendung regenerativer Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz gelegt. Diese Maßnahmen zur Einsparung von Emissionen aus der Gebäudeheizung sollen auch weiter verfolgt werden.

#### **7.4.2.1 Energieeinsparung**

Auch bei der Neuerrichtung von Gebäuden können die gesetzlichen Forderungen an die Energieeffizienz übertroffen werden. Dies betrifft insbesondere dann zu, wenn die Gebäude im Passivhausstandard errichtet werden sollen. Gegenüber den aktuellen Vorgaben der Energieeinsparverordnung, wonach der Energieverbrauch 6 l Heizöl pro m<sup>2</sup> nicht überschreiten soll, verbraucht ein Haus im Passivstandard lediglich ca. 1,5 l Heizöl pro m<sup>2</sup>. D.h., der Passivhausstandard spart gegenüber den gesetzlichen Vorgaben nochmals ca. 75 % an Heizenergie ein.

Zur Vermeidung von Emissionen aus der Gebäudeheizung sind im Ballungsraum Kassel folgende Projekte vorgesehen:

- Neubau eines Hallenbads unter energetischen Gesichtspunkten in Niestetal,
- Neubau der Kindertagesstätte Talrain in Passivhausstandard in Baunatal.

**Prognostizierte Minderung:** Einsparungen von 7,3 g NO<sub>x</sub> pro m<sup>2</sup> Passivhausfläche und Jahr

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2012

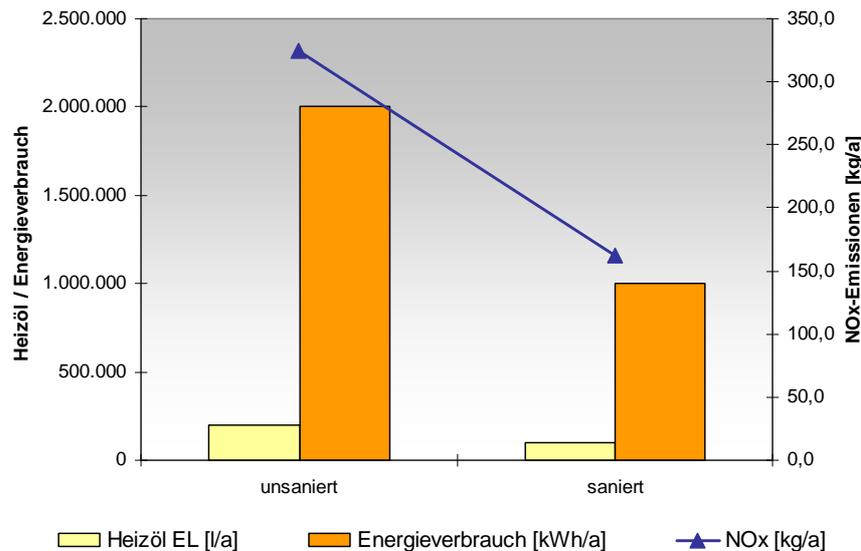
#### **7.4.2.2 Energetische Sanierung von gemeindeeigenen Gebäuden im Bestand**

Vor allem Gebäude, die vor 1975 errichtet wurden, mangelt es an Wärmedämmung. Die bis dahin vergleichsweise billige Energie führte dazu, dass man sich keine Gedanken um eine energieeffiziente Bauweise machte. Nach der Ölkrise wurde das erste Energieeinsparungsgesetz geschaffen, das zumindest für Neubauten gewisse einzuhaltende Energiestandards vorsah. Inzwischen wurde das Energieeinsparungsgesetz [23] bereits mehrfach dem Stand der

Technik bei energieeffizientem Bauen angepasst und sieht auch teilweise Vorgaben für die Sanierung von Altbauten vor.

Mit einer entsprechenden Wärmedämmung können auch ältere Gebäude aus den siebziger Jahren und davor so weit optimiert werden, dass mit verhältnismäßigem Aufwand ca. 40 bis 60 % ihres Energiebedarfs reduziert werden kann. Ein Verbrauch von ca. 20 l Heizöl pro Quadratmeter und Jahr kann mittels energetischer Sanierung gut halbiert werden.

Zur groben Abschätzung der Schadstoffeinsparungen werden entsprechend den Angaben in Tabelle 14 die NO<sub>x</sub>-Emissionen pro kWh Heizöl EL angesetzt, eine Einsparung des Energiebedarfs auf die Hälfte und eine zu sanierende Fläche von 10.000 m<sup>2</sup> angenommen.



**Abbildung 35:** Einsparung von NO<sub>x</sub>-Emissionen bei energetischer Sanierung von Gebäuden im Bestand

Folgende Projekte sind in diesem Bereich vorgesehen:

- Energetische Sanierung des Rathauses und eines Bürgerhauses in Vellmar,
- Energetische Sanierung der Grundschulturnhalle, der Mehrzweckhalle, der Feuerwehr und des Bauhofs von Niestetal,
- Energetische Sanierung des Bürgerhaussaals von Kaufungen,
- Energetische Sanierung der Sporthalle im Ortsteil Baunatal-Hertingshausen,
- Energetische Sanierung der Bücherei der Stadt Baunatal,
- Sanierung des Rathauses von Niestetal in Passivhausstandard.

Somit kann nicht nur der Energieverbrauch um die Hälfte reduziert werden, sondern auch die NO<sub>x</sub>-Emissionen.

**Prognostizierte Minderung:** In Abhängigkeit von der zu sanierenden Fläche 16,2 g NO<sub>x</sub> pro m<sup>2</sup> und Jahr

**Zeitpunkt der Umsetzung:** In Planung bzw. bereits in Umsetzung

### 7.4.2.3 Errichtung und Betrieb gemeindeeigener Energiegewinnungsanlagen

Die Nutzung regenerativer Energien ist häufig mit einer Einsparung fossiler Energieträger und damit einer Ressourcenschonung und Reduzierung von Emissionen bei der Verbrennung fossiler Energien verbunden

Dazu sind geplant:

- Eine Beteiligung an der Konzeptentwicklung im Projekt „Windpark Windhausen“ zur langfristigen Förderung regenerativer Energieträger in der Gemeinde Niestetal und
- der Bau einer Biogasanlage zur Versorgung von gemeindlichen Einrichtungen und Liegenschaften in Lohfelden.

Strom bzw. Wärme, die durch solarthermische Anlagen erzeugt werden, ist emissionsfrei. Die Kommunen des Ballungsraums Kassel zeichnen sich durch ihr überdurchschnittliches Engagement im Bereich der Förderung und Nutzung von Solarenergie aus und wollen dieses Engagement auch weiterhin aufrechterhalten. Viele der Kommunen beteiligen sich an der so genannten Solar-Bundesliga, wobei die Gemeinde Fuldabrück im Landkreis Kassel hier den ersten Platz belegt.

Folgende Projekte befinden sich in Vorbereitung:

- Planung eines Solarparks (10 ha) zwischen Fuldabrück zwischen den Ortsteilen Dennhausen / Dittershausen und Dörnhagen,
- Planung eines Solarparks (14 ha) als Auflage des Bebauungsplans Osterberg in Vellmar,
- Installation von Photovoltaikanlagen auf den übrigen Dächern öffentlicher Einrichtungen in Kaufungen,
- Ausweisung eines Solarbaugebiets (Passivhausstandard) auf dem Gemeindegebiet von Kaufungen.

Bei einer angenommenen Leistung in Höhe von ca. 100 W/m<sup>2</sup> Solarfläche (Photovoltaik) und ca. 1.000 Volllaststunden pro Jahr im Ballungsraum Kassel können somit ca. 100 kWh<sub>e</sub>/m<sup>2</sup> erreicht werden. Eine Einsparung von Luftschadstoffen im Ballungsraum ist damit jedoch nur zu erreichen, wenn die Energie, die damit ersetzt werden soll, ortsnah und mit fossilen Brennstoffen bzw. Holz erzeugt wurde.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011

### 7.4.2.4 Förderprogramme

Um auch Dritte für Energieeinsparmaßnahmen und/oder eine Nutzung regenerativer Energien zu gewinnen, haben verschiedene Kommunen des Ballungsraums Kassel Förderprogramme aufgelegt.

Dazu gehören:

- Förderprogramm „Dorferneuerung“ zur energetischen Sanierung im Ortsteil Fuldatal-Simmershausen,
- Förderprogramm zur Errichtung von Solarthermischen Anlagen und Photovoltaikanlagen im Gemeindegebiet Niestetal,
- Förderung energetischer Standards bei Neubauten im Rahmen eines städtebaulichen Vertrags mit der Stadt Baunatal.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011

#### **7.4.2.5 Festsetzungen in Bebauungsplänen**

Zur Vermeidung von Emissionen aus Feuerungsanlagen, die mit emissionsträchtigen, luftverunreinigenden Brennstoffen betrieben werden, werden seit Jahren von den Kommunen des Ballungsraums Kassel im Rahmen von Festlegungen in Bebauungsplänen Vorgaben zum emissionsarmen Betrieb von Feuerungsanlagen gemacht (siehe auch Tabelle 14). Nach § 9 Absatz 1 Nr. 23a Baugesetzbuch (BauGB) können in Bebauungsplänen Festsetzungen zur Beschränkung von luftverunreinigenden Stoffen getroffen werden.

In Kassel wird folgende Festsetzung umgesetzt: „Im Geltungsbereich des Bebauungsplans sind für Neubauvorhaben und Ersatzinvestitionen nur mit Erdgas oder Heizöl EL betriebene Feuerungsanlagen mit Brennwertnutzung zugelassen, die den aktuellen Forderungen des Umweltzeichens „Blauer Engel“ genügen.“ Hiermit werden die besonders stark emittierenden festen Brennstoffe ausgeschlossen und durch die Anlehnung an das Umweltzeichen eine dynamische Anpassung an den technischen Fortschritt sichergestellt

Darüber hinaus sind vorgesehen:

- Die Anpassung des Bebauungsplans Kaufungen zur Windenergienutzung sowie
- der Ausschluss von festen und flüssigen fossilen Brennstoffen im Bereich des Bebauungsplans Nr. 37 im Gewerbegebiet Sanderhäuser Berg in Niestetal.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011 bzw. nach Inkrafttreten des LRP

#### **7.4.2.6 Fernwärmenutzung**

Im Vergleich zu einer entsprechenden Anzahl privater Heizungsanlagen emittiert ein dem Stand der Technik entsprechendes Kraftwerk deutlich weniger Stickstoffoxide. Insofern können die Emissionen durch den Anschluss an ein Fernwärmesystem effektiv verringert werden.

Das bestehende Fernwärmenetz in der Stadt Kassel soll durch die Erschließung weiterer Wohn- und Gewerbegebiete ausgebaut werden.

Die Gemeinde Kaufungen will ein Nahwärmekonzept erstellen und den Ausbau der Nahwärmeversorgung vorantreiben.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht abschätzbar.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Ab 2011

### **7.4.3 Sonstiges**

#### **7.4.3.1 Baustellenmanagement**

Baustellen können insbesondere bei Abbruch- oder Schleifarbeiten einen zwar zeitlich begrenzten, aber hohen Beitrag insbesondere zur Feinstaubsituation liefern.

Zukünftig sollen bei Ausschreibungen sowie bei Baugenehmigungen Auflagen zur Verminderung baustellenbedingte Emissionen gemacht werden. Für die Stadt Kassel ist die Erarbeitung eines Merkblattes für die Ausschreibung von Tiefbau- bzw. Straßenbauarbeiten, Bau- und Abrissgenehmigung vorgesehen.

**Prognostizierte Minderung:** Nicht pauschal anzugeben; kann im Einzelfall aber sehr hoch sein.

**Zeitpunkt der Umsetzung:** Im Rahmen von Bauausführungen

## 7.5 Prognose

Im Folgenden wird versucht, die Auswirkungen der festgelegten Maßnahmen auf die Entwicklung der Schadstoffbelastungen von Stickstoffdioxid bis zum Jahr 2015 abzuschätzen.

Die Immissionsbelastung setzt sich zusammen aus dem grenzüberschreitenden Ferneintrag, der jedoch nur bei Feinstaub eine relevante Höhe erreicht, dem regionalen Hintergrund, der den grenzüberschreitenden Ferneintrag bereits beinhaltet, dem städtischen Zusatzbeitrag sowie dem lokalen, verkehrsbezogenen Zusatzbeitrag.

Der grenzüberschreitende Beitrag kann einer Berechnung des Umweltbundesamtes entnommen werden. Für diese Berechnungen wurde das REM-CALGRID-Modell genutzt, mit dem auch die Berechnung der Anteile der einzelnen Emittenten an der Gesamtbelastung für den Ballungsraum Kassel berechnet wurde. Dabei werden die berechneten Konzentrationen in einem Raster von ca. 15 km<sup>2</sup> für ganz Deutschland dargestellt.

Für die weiteren Anteile wurden die über die Ausbreitungsrechnung erhaltenden Anteile für die Zusatzbelastung im städtischen Hintergrund sowie der lokalen, verkehrsbedingten Zusatzbelastung mit den entsprechenden Messwerten der Stationen Kassel-Fünffensterstraße (für die verkehrsbedingte Zusatzbelastung) und Kassel-Mitte (für die Zusatzbelastung aus dem städtischen Hintergrund) sowie Witzenhausen (für die Zusatzbelastung aus dem regionalen Hintergrund) genutzt. Dabei wurden verwendet für

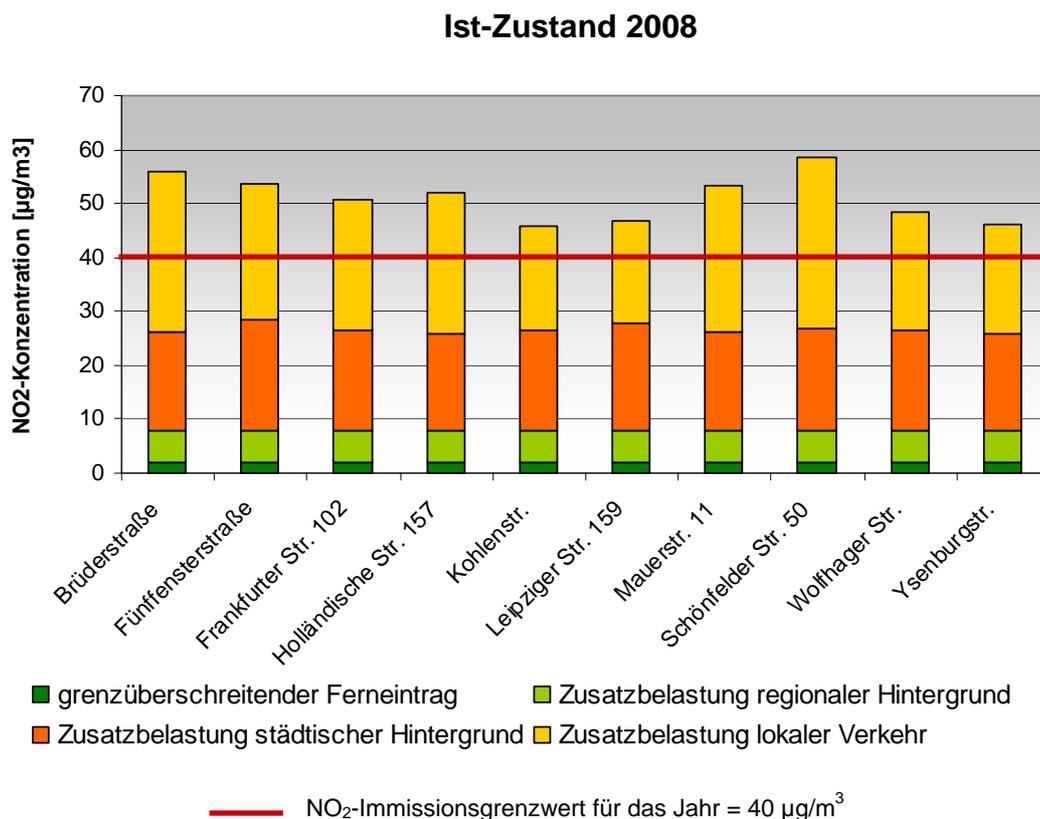
- ▶ den **Anteil Ferntransport** der Wert aus den Berechnungen des UBA für die Region Kassel,
- ▶ den **Anteil Zusatzbelastung regionaler Hintergrund** aus den in den Ausbreitungsrechnungen berechneten Werten für die einzelnen Straßenzügen, die sich in guter Übereinstimmung mit den Berechnungen des UBA für die regionale Hintergrundbelastung in der Region Kassel und dem Jahresmittelwert 2008 an der ländlichen Station Witzenhausen befinden, jeweils abzüglich des Anteils Ferntransport,
- ▶ den **Anteil Zusatzbelastung städtischer Hintergrund** aus den in den Ausbreitungsrechnungen berechneten Werten für die einzelnen Straßenzügen, die sehr gut korrelieren mit dem Jahresmittelwert der Stadtstation Kassel-Mitte für 2008 (abzüglich dem Anteil regionaler Hintergrund und Ferntransport),
- ▶ den **Anteil Zusatzbelastung lokaler Verkehr** aus den in den Ausbreitungsrechnungen berechneten Werten für die einzelnen Straßenzügen bzw. dem Jahresmittelwert der verkehrsbezogenen Messstation Kassel-Fünffensterstraße (abzüglich den Anteilen Ferntransport, regionaler und städtischer Hintergrund).

Für die Prognose der Entwicklung der Belastung des grenzüberschreitenden Eintrags bzw. Ferntransports sowie des regionalen Hintergrunds bis zum Jahr 2015 wurde das oben beschriebene Model des Bundesumweltamtes genutzt.

## 7.5.1 Stickstoffoxide

Da die Hauptursache für die Stickstoffdioxidbelastung in der Motortechnik liegt, ist damit zu rechnen, dass die Stickstoffdioxidkonzentrationen nur langfristig abnehmen werden.

Entsprechend den Berechnungen des Umweltbundesamtes liegt der Anteil des Ferntransportes bei Stickstoffdioxid in der sehr niedrigen Größenordnung von ca.  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ . Auch das regionale Hintergrundniveau an der Messstation Witzenhausen ist mit knapp  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2008 vergleichsweise gering gegenüber der städtischen und verkehrsbedingten Zusatzbelastung.



**Abbildung 36:** Beiträge zur NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung im Jahr 2008 in den kritischen Straßenzügen im Ballungsraum Kassel

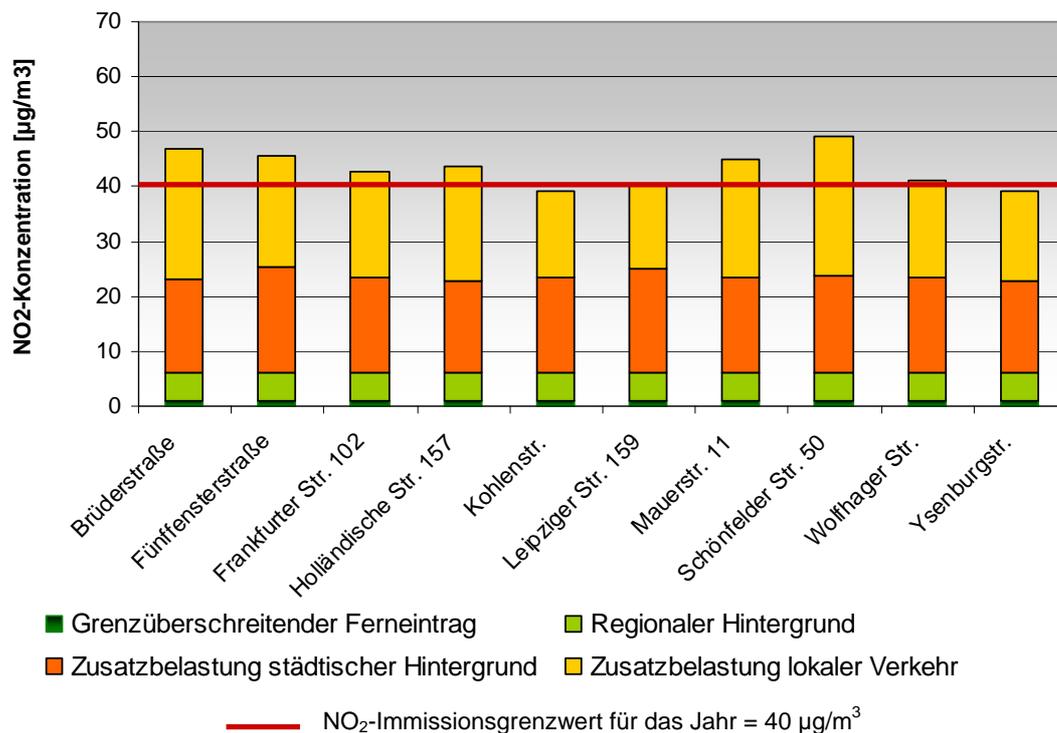
Die Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwertes in den betroffenen Straßenzügen ist praktisch ausschließlich dem Verkehr zuzuordnen. Während im Ballungsraum Rhein-Main der Immissionsgrenzwert praktisch schon durch die Vorbelastung ausgeschöpft wird, dominiert im Ballungsraum Kassel die verkehrsbedingte Zusatzbelastung. Der grenzüberschreitende Ferneintrag sowie die Hintergrundbelastung spielen praktisch keine Rolle. Die Zusatzbelastung des lokalen Verkehrs übertrifft teilweise deutlich die Summe aus Grenzüberschreitendem Ferneintrag, der Zusatzbelastung regionaler Hintergrund und der städtischen Zusatzbelastung.

Zur Einhaltung des Immissionsgrenzwertes bedarf es daher einer drastischen Reduzierung des Schadstoffs vor Ort. Das betrifft nicht nur die einzelnen Straßenzüge, sondern eine Verringerung der verkehrsbedingten Emissionen im städtischen Gebiet. Die Maßnahmen Verringerung der Abgasemissionen, Verkehrsvermeidung und Verbesserung des Verkehrsflusses tragen zur Zielerreichung bei, wenn auch der Verringerung der Abgasemissionen die größte Wirkung zuzuschreiben ist.

Vor allem die Verminderung des Verkehrsaufkommens privater Pkw-Fahrten durch den Ausbau des ÖPNV kann zusammen mit der geplanten Verkehrsverflüssigung durch intelligente Ampelschaltungen einen merklichen Beitrag hierzu liefern. Mit der Verbesserung der Abgasstandards der eingesetzten Busflotte sowie der sukzessiven Verbesserung bei allen Fahrzeugen - vor allem die Einführung der Euro-6/VI-Norm für Fahrzeuge (siehe Maßnahme 7.1.1) - werden zumindest längerfristig die Stickstoffdioxidkonzentrationen eingehalten werden können.

Bis zum Jahr 2015 ist jedoch nicht mit einer Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwertes an allen betroffenen Straßenzügen im Ballungsraum Kassel zu rechnen. Die Entwicklung des grenzüberschreitenden Ferneintrags sowie der Hintergrundbelastung bis 2015 werden aus dem UBA-Modell übertragen. Der Ferneintrag wird sich nach diesen Berechnungen auf 1 µg/m<sup>3</sup> halbie und die regionale Hintergrundbelastung um ca. 10 % reduzieren. Aufgrund der Maßnahmen zur Verminderung der Emissionen aus der Gebäudeheizung (7.3.2) und den Bestrebungen zur Reduzierung des Individualverkehrs wird sich nach den vorgenommenen Abschätzungen der Anteil der städtischen Zusatzbelastung um ca. 7 % verringern. Je nach Verkehrsaufkommen in den jeweiligen Straßenzügen reduziert sich die Zusatzbelastung durch den lokalen Verkehr durch Verringerung der Verkehrsbelastung durch Individualverkehr, die Verkehrsverflüssigung sowie die allgemeine Verbesserung der Emissionsstandards der Fahrzeuge. Nach den Berechnungen auf der Grundlage der Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> für das Jahr 2015 kommt es im Ballungsraum Kassel (siehe Abbildung 29) bereits allein hierdurch zu einer Reduzierung des NO<sub>x</sub>-Ausstoßes von 21 % und des direkten NO<sub>2</sub>-Ausstoßes von ca. 8 %.

### Prognose 2015



**Abbildung 37:** Prognose der Minderungswirkung auf die NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung im Jahr 2015 in den kritischen Straßenzügen im Ballungsraum Kassel

Für den Zeitraum zwischen 2008 und 2015 wurde am Beispiel Kassel-Fünffensterstraße eine Verminderung der NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung um 18,2 % berechnet. Im Vergleich mit den Berechnungen, die das ifeu-Institut zum Rückgang der NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentrationen für verschiedene Städte in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2015 bzw. 2020 durchgeführt hat [28], bestätigt sich die Größenordnung der abgeschätzten Minderung. Nach ifeu-Angaben nehmen

die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen an den verkehrsbezogenen Messstationen im Zeitraum zwischen 2008 und 2015 im Schnitt um 20,5 % ab. Die Berechnungen gehen nicht nur von einer Minderung der lokalen verkehrsbezogenen Zusatzbelastung aus, sondern auch von einer starken Minderung der städtischen Hintergrundbelastung. Dabei wird allerdings ausschließlich auf eine Verbesserung der Abgasstandards projiziert.

Die Prognose zeigt, dass bis zum Jahr 2015 die Immissionsgrenzwerte für NO<sub>2</sub> zumindest an einigen der belasteten Straßenzüge im Ballungsraum Kassel eingehalten werden wird. Bis zum Jahr 2020 würde nach der vorliegenden Prognose der NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> auch in den restlichen belasteten Straßenzügen erreicht.

## 8 Behandlung der Einwendungen

Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung gingen 5 Einwendungen zum Planentwurf ein. Soweit die Einwände bei der Darstellung und Maßnahmenfestlegung berücksichtigt werden konnten, wurde der Luftreinhalteplan entsprechend angepasst. Auf Bedenken, die nicht zu einer Änderung oder Ergänzung des Luftreinhalteplans geführt haben, wird im Folgenden eingegangen.

### **Festsetzungen in Bebauungsplänen zum emissionsarmen Betrieb von Feuerungsanlagen:**

Es wird sich gegen Festsetzungen in Bebauungsplänen zum emissionsarmen Betrieb von Feuerungsanlagen gewandt, die die Nutzung bestimmter Brennstoffe (z.B. Holz und Mineralöl) aus Gründen der Luftreinhaltung ausschließen. Holz sei als regenerativer Energieträger geeignet, die Kohlendioxidemissionen zu reduzieren und so einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Hochwertiges, schwefelarmes Erdöl könne in Hinblick auf die Schwefeldioxidemissionen durchaus mit dem Emissionsverhalten von Erdgas verglichen werden. Daher seien auch die Ausführungen unter 7.4.2.5 bzgl. des Gewerbegebietes „Sanderhäuser Berg“ in Niestetal zu streichen.

Mit der erfolgten Änderung der Hessischen Bauordnung ist die einschlägige Rechtsgrundlage für Festsetzungen über zugelassene Brennstoffe in neu auszuweisenden Baugebieten der § 9 (1) Nr. 23 a) BauGB. Dort wird als Ziel explizit der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen und als Mittel die Beschränkung von luftverunreinigenden Stoffen genannt. Bestimmte Brennstoffe weisen unter lufthygienischen Aspekten ein ungünstiges Emissionsverhalten auf. Dabei spielt es keine Rolle ob der Brennstoff regenerativer oder fossiler Art ist und seine Verbrennung klimagünstig erfolgt oder nicht. Holz als fester Brennstoff, Erdöl aber auch vergleichbare flüssige, regenerative Biobrennstoffe weisen bei der Verbrennung im Vergleich zu anderen Brennstoffen wie z.B. Erdgas relativ hohe Feinstaubemissionen auf (vgl. Tabelle 14). Ihr Ausschluss ist daher für Gebiete mit erhöhter Belastung durchaus ein Mittel zur Verringerung der Luftschadstoffe und zur Verbesserung der Immissionssituation.

Die im Abschnitt 7.4.2.5 genannte Festsetzung bzgl. des Gewerbegebietes „Sanderhäuser Berg“ in Niestetal erfolgt nachrichtlich und auf Grundlage eines bestandskräftigen Bebauungsplanes.

### **Umweltgerechte Siedlungsentwicklung:**

Als Einwand wird vorgetragen, dass durch die Luftreinhalteplanung konkrete Vorgaben für die zukünftige Siedlungsentwicklung und deren klimatischen Auswirkungen zu definieren seien. Konkret wird gefordert, dass zukünftige Siedlungstätigkeit keine nachteiligen klimatischen Auswirkungen haben dürften.

Die Kompetenz der Luftreinhalteplanung erstreckt sich nur auf den gegenwärtigen Ist-Zustand. Planungen im Rahmen der Luftreinhaltung können daher immer nur auf den Zustand zum Zeitpunkt der Planaufstellung bezogen sein. Bzgl. zukünftiger Entwicklungen und anderer in die Zukunft gerichteter Fachplanungen kann die Luftreinhalteplanung keinen unmittelbaren Einfluss nehmen. Ob eine bestimmte Siedlungstätigkeit unter klimatischen Gesichtspunkten zulässig ist, ist regelmäßig im Rahmen der Bauleitplanung zu prüfen. Abschließend kann dies meist erst bei hinreichender Konkretisierung des Vorhabens auf Ebene des Bebauungsplanes erfolgen. Dort können ggf. auch Festlegungen getroffen werden, die negative Auswirkungen auf die lokalen klimatischen Bedingungen vermeiden oder reduzieren (z.B. keine Riegelbebauung, die Luftströmungen und somit den Luftaustausch zusätzlich behindert).

## Verkehrszunahme, Tempolimits:

Es wird u.a. vorgetragen, dass die generell zu erwartende Verkehrszunahme bei der Festlegung von Maßnahmen berücksichtigt werden müsse. Zur weiteren Schadstoffminderung wird die Einführung eines Tempolimits sowohl auf Autobahnen als auch auf Innerortstraßen sowie die Einführung einer Umweltzone für den Ballungsraum Kassel vorgeschlagen.

Die Luftreinhalteplanung kann sich immer nur auf den aktuellen Ist-Zustand beziehen. Als belastbare Datengrundlage für die im Plan verwendeten Verkehrsmengen wurde die Bundesverkehrszählung der Bundesanstalt für Straßenwesen aus dem Jahr 2005 verwendet. Es handelt sich dabei um lokal erhobene Verkehrsmengen. Generelle Aussagen über die langfristige Verkehrsentwicklung können auf lokaler und regionaler Ebene völlig unzutreffend sein. Im Jahr 2010 wurde erneut eine Bundesverkehrszählung vorgenommen, deren Ergebnisse zum Zeitpunkt der Planerstellung allerdings noch nicht vorliegen.

Eine Geschwindigkeitsbeschränkung für Pkw auf Autobahnen (für Lkw > 3,5 t gilt bereits eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h) würde die Stickstoffdioxidbelastung entlang der Autobahnen tatsächlich leicht senken. Untersuchungen des österreichischen Umweltbundesamtes zeigen aber, dass die NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit zunehmender Entfernung von der Straße stark abnehmen (<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0116.pdf>). So halbiert sich die NO<sub>2</sub>-Konzentration bereits im Abstand von 100 m im Vergleich zur Konzentration im Straßennahbereich. Da sich mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle die NO<sub>2</sub>-Konzentration also sehr schnell verringert, würde sich die Minderung praktisch nicht messbar auf die weiter innerstädtisch gelegenen Messpunkte auswirken (die Messstationen haben einen Abstand von über 3 km zu nächstgelegenen Autobahn). Bestenfalls könnte mit einem Tempolimit auf Autobahnen eine geringe Verminderung der Hintergrundbelastung für Kassel erzielt werden. Diese reicht als Argument jedoch nicht aus, um gegenüber der Straßenverkehrsbehörde die Verhältnismäßigkeit des Tempolimits zu begründen.

Die Wirksamkeit innerörtlicher Tempolimits wie z.B. Tempo-30 auf Hauptverkehrsstraßen ist umstritten. In Berlin zeigen sich Minderungen bei der Schadstoffbelastung, an anderer Stelle sind sogar Zunahmen zu verzeichnen. Untersuchungen haben gezeigt, dass es dann zu einer Verringerung von Abgasemissionen kommt, wenn durch das Tempolimit auch der Verkehrsfluss optimiert wird. Je geringer die Anzahl von Anfahr- und Beschleunigungsvorgängen ist, desto geringer sind auch die Emissionen. Allerdings ist nicht bei jeder Straße mit der Einführung eines Tempolimits eine Verstetigung des Verkehrs verbunden. So können ggf. bestehende „Grüne Wellen“ durch die Herabsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nicht mehr funktionieren, die sich dann auch nicht ohne weiteres auf die neue Geschwindigkeit umstellen lassen. Weiterhin gilt ein innerstädtisches Tempolimit immer auch für den ÖPNV, der auf bestimmten Linien dadurch u.U. unattraktiver wird. Eine pauschale Vorgabe zur Reduzierung der zulässigen, innerstädtischen Höchstgeschwindigkeit ist daher nicht zielführend.

Die Einführung einer Umweltzone für den Ballungsraum Kassel war als Prüfauftrag im Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Kassel aus dem Jahre 2006 enthalten. Dieser Prüfauftrag wurde durchgeführt und ist abgeschlossen. Im Ergebnis führte er allerdings dazu, dass sich die Mehrzahl der von einer Umweltzone im Kasseler Becken betroffenen Kommunen gegen die Ausweisung einer solchen Umweltzone aussprach. Seit 2006 werden die Feinstaubgrenzwerte im Ballungsraum Kassel eingehalten. Die ausschließliche Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes an einer Messstelle innerhalb des Ballungsraumes Kassel lässt die Einführung einer großräumigen Umweltzone heute unverhältnismäßig erscheinen, da diese ebenfalls weitreichende Auswirkungen auf Kfz-Halter in Gebieten mit relativ guter Luftqualität hätte.

### **Verkehrsverlagerung zugunsten des ÖPNV:**

Es wird u.a. vorgeschlagen, bestimmte Verbindungen des ÖPNV in verkehrsschwachen Tageszeiten für Besitzer eines vor Ort zugelassenen Pkw zur kostenlosen Benutzung freizugeben, um diese zum Umstieg auf den ÖPNV zu motivieren.

Das Preissystem für ÖPNV-Fahrkarten ist auf den gesamten Verkehrsverbund abgestimmt. Isolierte Freigaben für bestimmte Linien sind daher nicht möglich. Der ÖPNV wird generell jetzt schon finanziell stark subventioniert. Ein weiterer Wegfall von Erlösen aus dem Fahrkartenverkauf würde bei gleichbleibendem Leistungsangebot noch höhere staatliche Förderungen bedeuten.

### **Erhebungen zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Umweltbelastung:**

Es werden vertiefte Erhebungen und Untersuchungen zu den kumulativen Auswirkungen verschiedener Umweltbelastungen auf die menschliche Gesundheit gefordert.

Die Erstellung von Studien bzgl. der gesundheitlichen Auswirkungen von Luftschadstoffen auf den Menschen ist im Rahmen der Luftreinhaltung nicht vorgesehen. Eigene, räumlich gegliederte und nach Krankheitsbild und Mortalität differenzierte Erhebungen, die zusätzlich die kumulative Wirkung verschiedener Umweltbelastungen (Schadstoff-/Lärmbelastung) berücksichtigen, können von der Luftreinhalteplanung nicht und allenfalls im Rahmen von Forschungsprojekten geleistet werden.

## **9 Gründe und Erwägungen, auf denen die Entscheidung beruht**

In zehn von zwanzig untersuchten Straßenzügen im Ballungsraum Kassel ist derzeit mit Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) zu rechnen. Die Gefahr einer Überschreitung des Feinstaubgrenzwertes ist eher gering, kann jedoch auch für die nähere Zukunft nicht vollständig ausgeschlossen werden, da die Meteorologie bei der Feinstaubkonzentration eine große Rolle spielt. Das größte lufthygienische Problem im Ballungsraum Kassel besteht jedoch in den teilweise sehr hohen Stickstoffdioxidkonzentrationen diverser Straßenschluchten.

Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) entstehen bei der Verbrennung insbesondere fossiler Brennstoffe. Das dabei zunächst überwiegend entstehende Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) wandelt sich mit Luftsauerstoff zu Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) um. Die Summe aus beiden Stoffen wird als Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) bezeichnet, wobei das  $\text{NO}$  nach einer bestimmten Formel als  $\text{NO}_2$  berechnet wird.

Stickstoffdioxid ist ein Reizgas und kann aufgrund seiner geringen Wasserlöslichkeit bis in tiefe Bereiche der Atemwege eindringen. Dort kann es entzündliche Prozesse verursachen oder sogar Zellschäden auslösen, die insbesondere bei Kindern und Jugendlichen zu Verschlechterungen der Lungenfunktion führen.

Die Anteile der Emittentengruppen Industrie, Gebäudeheizung und Verkehr an der  $\text{NO}_2$ -Belastung sind sehr unterschiedlich. Die Anzahl der Industrieanlagen im Ballungsraum ist eher gering, was sich auch an ihrem Belastungsanteil ablesen lässt. Trotz ihres Emissionsanteils von ca. 21 % bei den Stickstoffoxiden, liegt ihr Anteil an der  $\text{NO}_2$ -Immissionsbelastung bei lediglich knapp 2 %. Aufgrund der Quellhöhe können sich die industriebedingten Abgase und – in gewissen Grenzen – auch die Emissionen der Gebäudeheizungen mit der freien Luftströmung sehr schnell verteilen und tragen damit zur Immissionsbelastung vor Ort weniger bei, als ihr Emissionsanteil vermuten lässt. Die Gebäudeheizung weist einen Emissionsanteil von 14 % beim  $\text{NO}_x$

auf und einen Immissionsanteil von knapp 9 %. Dominiert wird die Belastungssituation vom Verkehr. Die verkehrsbedingten Abgase werden in geringer Höhe emittiert und können sich vor allem in Straßenschluchten sehr schnell anreichern. Sowohl der verkehrsbezogene Emissionsanteil von 65,3 % als auch sein Immissionsanteil von ca. 67 % weisen ihn als Hauptverursacher der Luftschadstoffbelastung aus.

Bei der Emittentengruppe Verkehr sind es sowohl bei Feinstaub als auch bei den Stickstoffoxiden insbesondere die Dieselfahrzeuge, die für den wesentlichen Teil der Belastung verantwortlich zu machen sind. Schwere Nutzfahrzeuge (Lkw und Busse) stoßen dabei im Schnitt das 10- bis 20fache eines Diesel-Pkw an Stickstoffoxiden aus.

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz sieht eine Festlegung von Maßnahmen entsprechend dem Verursacheranteil vor. Wie die Szenarienberechnung für die Abschaltung einer großen Industrieanlage gezeigt hat, wäre damit die Belastungssituation praktisch nicht positiv zu beeinflussen. Dazu ist der Industrieanteil von knapp 2 % zu gering, um hier mit Maßnahmen wesentliche Minderungen bewirken zu können. Der Anteil der Gebäudeheizung dagegen kann schon eher mit Maßnahmen verringert werden, was durch den Ersatz konventioneller Energieträger durch Solarenergie in großem Umfang bereits durchgeführt wurde, aber auch zukünftig vorgesehen ist. Maßnahmen im Verkehrsbereich kommt aufgrund ihres hohen Anteils eine besondere Bedeutung zu. Einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Situation vor Ort werden die geplante Verminderung des Individualverkehrs und der Ausbau des ÖPNV liefern. Zusammen mit einer Verkehrsverflüssigung durch intelligente Ampelschaltung und der sich ständig verbessernden Emissionsstandards von Fahrzeugen werden die größten Emissions- und Immissionsminderungen bei den Stickstoffoxiden und damit auch beim Stickstoffdioxid erzielt werden.

Doch allein mit lokalen Maßnahmen können die Kommunen des Ballungsraums Kassel die Belastung mit Stickstoffdioxid nicht in ausreichendem Maß verringern. Selbst zusammen mit den regionalen und nationalen Maßnahmen zur Verminderung der Abgasemissionen der Fahrzeuge wie den Maßnahmen zur Verkehrsverflüssigung durch das Projekt „Staufreies Hessen“ oder den Förderprogrammen als Anreiz für den Kauf von Euro-6/VI-Fahrzeugen werden die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen nicht so weit gesenkt werden können, dass der Immissionsgrenzwert sicher eingehalten werden könnte. Im Endeffekt wird dieses Ziel nur mit einer drastischen Verringerung des Stickstoffoxidausstoßes der Fahrzeuge ohne unverhältnismäßige Beeinträchtigung des Güter- und Individualverkehrs erreicht werden können. Da die Emissionsgrenzwerte der Fahrzeuge auf EU-Verordnungen beruhen (Euro-Normen), besteht für den einzelnen Mitgliedsstaat keine Möglichkeit, selbst schärfere Grenzwerte festzulegen. Mit Einführung des Euro-6/VI-Standards werden insbesondere die zulässigen NO<sub>x</sub>-Emissionen von Diesel-Fahrzeugen zwar drastisch herabgesetzt, allerdings wird diese Maßnahme erst mit einer ausreichenden Durchmischung des Straßenverkehrs mit Euro-6/VI-Fahrzeugen wirksam werden, was nicht vor 2020 zu erwarten ist.

Die Prognosen zeigen, dass bis zum Jahr 2015 nur einige der belasteten Straßenzüge im Ballungsraum Kassel den Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid voraussichtlich einhalten werden können. In ausgeprägten Straßenschluchten oder auf steileren Stücken wird dieses Ziel wahrscheinlich erst bis zum Jahr 2020 zu erreichen sein.

## 10 Literatur

- [1] Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität – Luftqualitätsrahmenrichtlinie vom 21.11.1996 (ABl. L 296, S. 25)
- [2] Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft – 1. Tochterrichtlinie vom 29.06.1999 (ABl. L 163, S. 41 - 60)
- [3] Richtlinie 2000/69/EG des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft – 2. Tochterrichtlinie vom 12.12.2000 (ABl. L 313, S. 12 - 21)
- [4] Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft – 3. Tochterrichtlinie vom 9. März 2002 (ABl. L 67, S. 14 – 30)
- [5] Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft – 4. Tochterrichtlinie vom 26. Januar 2005 (ABl. L 23, S. 3 – 16)
- [6] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa – Luftqualitätsrichtlinie vom 11. Juni 2008 (ABl. L 152, S. 1 – 44)
- [7] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Gesetz vom 1. März 2011 (BGBl. I, S. 282)
- [8] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065)
- [9] Verordnung über immissionsschutzrechtliche Zuständigkeiten, zur Bestimmung der federführenden Behörde nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung und über Zuständigkeiten nach dem Benzinbleigesetz vom 13. Oktober 2009 (GVBl. I S. 406)
- [10] Hessische Gemeindestatistik 2009, Hessisches Statistisches Landesamt, [www.statistik-hessen.de](http://www.statistik-hessen.de)
- [11] Verkehrsmengenkarte für Hessen, Ausgabe 2005, Herausgeber: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, Dezernat Verkehrssicherheit, Verkehrstechnik und Straßenausstattung
- [12] HBEFA - Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, 30. Januar 2010; Umweltbundesamt Berlin, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern, Umweltbundesamt, Lebensministerium und Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Wien
- [13] Emissionskataster Hessen, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, [www.hlug.de/medien/luft/emiss\\_wi/index.htm](http://www.hlug.de/medien/luft/emiss_wi/index.htm)
- [14] Fünfte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - Emissionskataster in Untersuchungsgebiete (5. BImSchVwV) Vom 24. April 1992 (GMBI. S. 317, ber. GMBI. 1993, S. 343)

- [15] Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen und Emissionsberichte - 11. BImSchV) vom 5. März 2007 (BGBl. I S. 289)
- [16] Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungsanlagen - 13. BImSchV) vom 20. Juli 2004 (BGBl. I S. 1717), zuletzt geändert durch Verordnung vom 27. Januar 2009 (BGBl. I; S. 129)
- [17] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes 4. BImSchV - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 504 ff), geändert durch Gesetz vom 11. August 2009 (BGBl. I, S. 2723)
- [18] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes 1. BImSchV – Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 490), geändert durch Verordnung vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38)
- [19] [http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/GueterverkehrUndLogistik/gueterverkehr-und-logistik\\_node](http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/GueterverkehrUndLogistik/gueterverkehr-und-logistik_node), abgerufen am 24. März 2011
- [20] Umweltatlas Hessen, <http://www.umwelt.hessen.de>
- [21] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) – vom 24. Juli 2002 (GMBl. I S. 511)
- [22] Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV – vom 14. August 2003 (BGBl. I S. 1633), geändert durch Verordnung vom 27. Januar 2009 (BGBl. I, S. 129)
- [23] Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG - Energieeinsparungsgesetz) vom 1. September 2005 (BGBl. I S. 2684), geändert durch Gesetz vom 28. März 2009 (BGBl. I, S. 643)
- [24] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV - Energieeinsparverordnung) vom 24. Juli 2007 (BGBl. I 2007, S. 1519), geändert durch Verordnung vom 29. April 2009 (BGBl. I, S. 954)
- [25] Kraftfahrzeugbundesamt, [http://www.kba.de/cln\\_016/nn\\_124832/DE/Presse/PressemitteilungenStatistiken/Fahrzeugzulassung/n\\_11\\_09\\_pm\\_text.html](http://www.kba.de/cln_016/nn_124832/DE/Presse/PressemitteilungenStatistiken/Fahrzeugzulassung/n_11_09_pm_text.html); abgerufen am 4. Dezember 2009
- [26] U. Höpfner, J. Hanusch, U. Lambrecht, ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, „Abwrackprämie und Umwelt – eine erste Bilanz“, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, August 2009
- [27] [http://www1.adac.de/Auto\\_Motorrad/Umwelt/default/default.asp](http://www1.adac.de/Auto_Motorrad/Umwelt/default/default.asp); abgerufen am 28. Dezember 2009
- [28] F. Dünnebeil, U. Lambrecht, A. Schacht, C. Kessler: Auswirkungen zukünftiger NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs auf die Luftqualität in hoch belasteten Straßen in Baden-Württemberg, ifeu-Institut für Energie und Umweltforschung GmbH, Heidelberg Februar 2010

# 11 Anhänge

## 11.1 Begriffsbestimmungen

*Ballungsraum* ist 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 Quadratkilometern bezogen auf die Gemarkungsfläche haben und die zusammen mindestens eine Fläche von 100 Quadratkilometern darstellen.

*Beurteilung* ist die Ermittlung und Bewertung der Luftqualität durch Messung, Rechnung, Vorhersage oder Schätzung anhand der Methoden und Kriterien, die in der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) [8] genannt sind.

*Emissionen* sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen.

*Gebiet* ist ein von den zuständigen Behörden festgelegter Teil der Fläche eines Landes im Sinne des § 1 Nr. 9 der 39. BImSchV [8].

*Immissionen* sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen.

*Immissionsgrenzwert* ist ein Wert für einen bestimmten Schadstoff, der nach den Regelungen der §§ 2 bis 9 der 39. BImSchV [8] bis zu dem dort genannten Zeitpunkt einzuhalten ist und danach nicht überschritten werden darf.

*Immissionskenngrößen* kennzeichnen die Höhe der Vorbelastung, der Zusatzbelastung oder der Gesamtbelastung für den jeweiligen luftverunreinigenden Stoff.

*Kurzzeitkenngröße* beschreibt den im Vergleich zu einer Langzeitkenngröße wie z. B. den Jahresmittelwert für den jeweiligen Stoff spezifisch festgesetzten kurzzeitig einzuhaltenden Immissionsgrenzwert wie z. B. Stunden- oder Tagesmittelwert.

*Luftverunreinigungen* sind Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe.

*PM10* sind die Partikel, die einen gröÑenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.

*PM2,5* sind die Partikel, die einen gröÑenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.

*Toleranzmarge* bezeichnet einen in jährlichen Stufen abnehmenden Wert, um den der Immissionsgrenzwert bis zur jeweils festgesetzten Frist überschritten werden darf, ohne die Erstellung von Plänen zu bedingen

*Zielwert* ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, die mit dem Ziel festgelegt wird, die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern.

## 11.2 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Einteilung von Hessen in Gebiete und Ballungsräume
- Abbildung 2: Ballungsraum Kassel (rot schraffiert) mit Geländeschnitt
- Abbildung 3: Höhenprofil des Kasseler Beckens mit dem Verlauf der Autobahnen
- Abbildung 4: Windrichtungsverteilung an der Stadtstation Kassel-Mitte (links, Zeitraum: 2008-2010) und an der ländlichen Station Witzenhausen (rechts, Zeitraum 2010)
- Abbildung 5: Mittlere Windgeschwindigkeiten im Bereich des Ballungsraums Kassel der Jahre 1981 – 1990
- Abbildung 6: Ausschnitt aus der Hessischen Verkehrsmengenkarte 2005 für den Ballungsraum Kassel (Quelle: Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen [11])
- Abbildung 7: Immissionskenngrößen von PM<sub>10</sub> und NO<sub>2</sub> für das Jahr 2010 im Ballungsraum Kassel und einer benachbarten Messstation des ländlichen Raums (Witzenhausen)
- Abbildung 8: Luftmessstationen in Hessen (Stand: Januar 2009)
- Abbildung 9: Lage der Luftmessstationen in Kassel (Detailangaben siehe Kapitel 10.4)
- Abbildung 10: Lage der Luftmessstation im ländlichen Raum Witzenhausen (Detailangaben siehe Kapitel 10.4)
- Abbildung 11: Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)
- Abbildung 12: Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Benzol
- Abbildung 13: Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Feinstaub (PM<sub>10</sub>)
- Abbildung 14: Entwicklung der Luftschadstoffbelastung mit Feinstaub als Anzahl an Überschreitungen des PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwertes im Jahr
- Abbildung 15: Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub> = NO<sub>2</sub> + NO, gerechnet als NO<sub>2</sub>)
- Abbildung 16: Entwicklung der Schadstoffbelastung mit Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)
- Abbildung 17: Graphische Darstellung der Belastung der untersuchten Straßenzüge mit Stickstoffdioxid ( < 40 µg/m<sup>3</sup>; > 40 µg/m<sup>3</sup>)
- Abbildung 18: Räumliche Struktur der NO<sub>x</sub>-Emissionen (Summe von NO + NO<sub>2</sub>, angegeben als NO<sub>2</sub>) im Ballungsraum Kassel
- Abbildung 19: Räumliche Struktur der PM<sub>10</sub>-Emissionen im Ballungsraum Kassel
- Abbildung 20: Neuzulassungen von Personenkraftwagen von 2000 bis 2010 in der Bundesrepublik Deutschland (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt)
- Abbildung 21: Bestand an Personenkraftwagen nach Kraftstoffarten (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt)
- Abbildung 22: Verkehrsaufkommen deutscher Lastkraftwagen (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt)
- Abbildung 23: Mittlerer Wochengang der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Jahr 2010
- Abbildung 24: Entwicklung der PM<sub>10</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen im Ballungsraum Kassel in den Jahren 2000 bis 2008
- Abbildung 25: Vergleich der Emissionsgrenzwerte nach Euronormen mit den für den realen Betrieb ermittelten Emissionen (Emissionsfaktoren) für PM<sub>10</sub> und NO<sub>x</sub> von Diesel-Pkw für die durchschnittliche Verkehrssituation innerorts, HBEFA 3.1, Bezugsjahr 2010 [12]

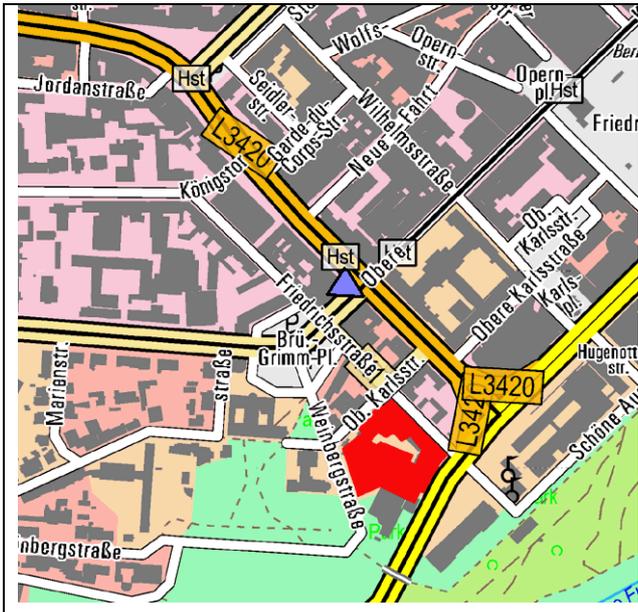
- Abbildung 26: Neuzulassungen von Personenwagen im Jahresverlauf 2007 bis 2009  
(Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt [25])
- Abbildung 27: Mittlere NO<sub>2</sub>- und NO-Emissionsfaktoren für Pkw im Innerortsverkehr, HBEFA 3.1,  
Bezugsjahr: 2010
- Abbildung 28: Mittlere NO<sub>2</sub>- und NO-Emissionsfaktoren für Lkw und Busse im Innerortsverkehr,  
HBEFA 3.1, Bezugsjahr: 2010
- Abbildung 29: Prognose der verkehrsbedingten Stickstoffoxid- und Stickstoffdioxidemissionen im  
Bereich des Kasseler Beckens für eine mittleren Innerortssituation für die Bezugsjahre  
2010 bis 2020; HBEFA 3.1
- Abbildung 30: NO<sub>x</sub>-Emissionsverhalten von Fahrzeugen bei unterschiedlicher Durchlässigkeit des  
Verkehrs; HBEFA 3.1; Hauptverkehrsstraße, Geschwindigkeitsbeschränkung 50 km/h;  
Bezugsjahr 2011
- Abbildung 31: Verkehrsbedingte NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Emissionen am Beispiel des Verkehrsaufkommens in  
der Holländischen Straße; HBEFA 3.1, Hauptverkehrsstraße,  
Geschwindigkeitsbegrenzung 50 km/h
- Abbildung 32: Anteile der Fahrzeugkategorien am Verkehrsaufkommen (Stand: 2007)
- Abbildung 33: Entwicklung der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei Verminderung der Pkw-Fahrten um 2 % jährlich  
und Erhöhung der Busfahrten um 0,01 % im Ballungsraum Kassel bis zum Jahr 2015
- Abbildung 34: Durchschnittliche Emissionsfaktoren für Linienbusse innerorts, HBEFA 3.1,  
Bezugsjahr 2010
- Abbildung 35: Einsparung von NO<sub>x</sub>-Emissionen bei energetischer Sanierung von Gebäuden im  
Bestand
- Abbildung 36: Beiträge zur NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung im Jahr 2008 in den kritischen Straßenzügen  
im Ballungsraum Kassel
- Abbildung 37: Prognose der Minderungswirkung auf die NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung im Jahr 2015 in  
den kritischen Straßenzügen im Ballungsraum Kassel

## 11.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Immissionsgrenz- und Zielwerte nach der 39. BImSchV [8]
Tabelle 2:	Städte und Gemeinden des Ballungsraums Kassel (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt [10])
Tabelle 3:	Sozialversicherungspflichtig beschäftigte Pendler der Kommunen des Ballungsraums Kassel mit Stand 30. Juni 2008 (Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt [10])
Tabelle 4:	Immissionskenngrößen nach der 39. BImSchV für das Messjahr 2010 im Ballungsraum Kassel
Tabelle 5:	Berechnete Anteile der verschiedenen Emittenten an (berechneten) Jahresmittelwerten von NO <sub>2</sub> (Bezugsjahr: 2008)
Tabelle 6:	Berechnete Anteile der verschiedenen Emittenten an (berechneten) Jahresmittelwerten von PM10 (Bezugsjahr: 2008)
Tabelle 7:	Vergleich der gemessenen Jahresmittelwerte 2008 mit der modellierten Gesamtbelastung für das Bezugsjahr 2008
Tabelle 8:	Minderungswirkung der verschiedenen Szenarien auf die NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung
Tabelle 9:	Minderungswirkung der verschiedenen Szenarien auf die PM10-Gesamtbelastung
Tabelle 10:	Übersicht der bislang landesweit erstellten Emissionserhebungen
Tabelle 11:	Emissionsbilanz von NO <sub>x</sub> (Summe von NO und NO <sub>2</sub> , angegeben als NO <sub>2</sub> )
Tabelle 12:	Emissionsbilanz von PM10
Tabelle 13:	Aufteilung der Industrieemissionen der Stadt Kassel und des Ballungsraums Kassel auf die Hauptgruppen der 4. BImSchV (Bezugsjahr 2008)
Tabelle 14:	Beispiele für Emissionsfaktoren der Emittentengruppe Gebäudeheizung [14]
Tabelle 15:	Durchschnittliche Emissionsfaktoren in Gramm pro Fahrzeugkilometer nach Fahrzeugkategorien für NO <sub>x</sub> innerorts für das Bezugsjahr 2010 [19]
Tabelle 16:	Übersicht über die geltenden Abgasnormen der EU
Tabelle 17:	Umsetzungsstand der Maßnahmen aus dem Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Kassel sowie darüber hinausgehender Maßnahmen, die der Verbesserung der Luftqualität dienen
Tabelle 18:	Zukünftige Abgasnorm

## 11.4 Beschreibung der Luftmessstationen

### 11.4.1 Luftmessstation Kassel-Fünffensterstraße



Kartengrundlage: Hess. Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation



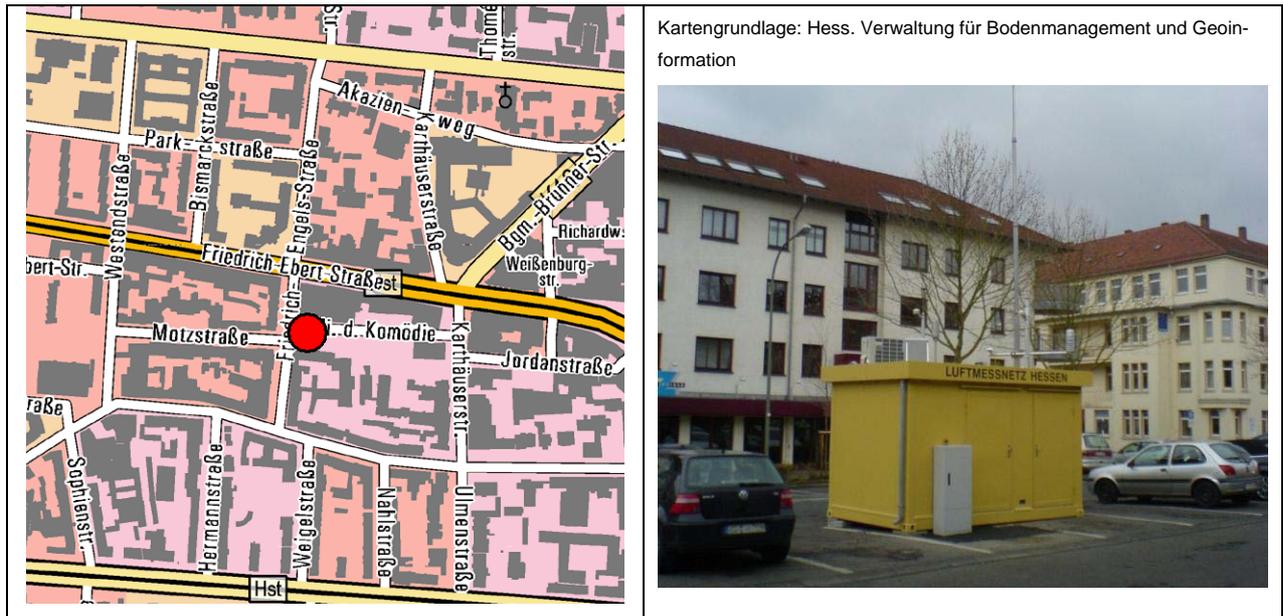
#### Beschreibung:

Gebiet:	Ballungsraum Kassel
Standortcharakter:	Innenstadt, Straßenschlucht
EU-Code:	DEHE049
Gemeinde:	Kassel
Straße:	Fünffensterstraße
Rechtswert:	3534342
Hochwert:	5686470
Längengrad:	9°29'33,4"
Breitengrad:	51°18'47,8"
Höhe über NN:	166 m
Lage:	Innenstadt
Messzeitraum:	seit 1999

#### Geräteausstattung:

Komponente	seit
Schwefeldioxid	-
Kohlenmonoxid	1999
Stickstoffmonoxid	1999
Stickstoffdioxid	1999
Benzol, Toluol, m-/p-Toluol	1999
Ozon	-
Feinstaub PM10	2000
Windrichtung	-
Windgeschwindigkeit	-
Temperatur	-
Relative Luftfeuchte	-

## 11.4.2 Luftmessstation Kassel-Mitte



Kartengrundlage: Hess. Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

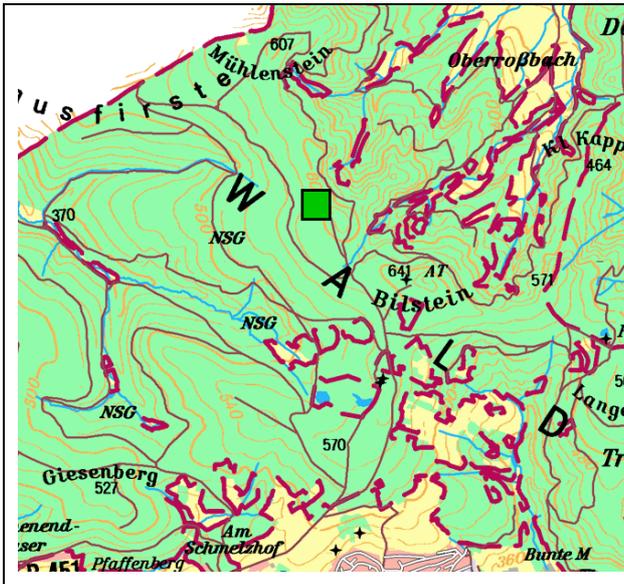
### Beschreibung:

Gebiet:	Ballungsraum Kassel
Standortcharakter:	Städtischer Hintergrund
EU-Code:	DEHE013
Gemeinde:	Kassel
Straße:	Hinter der Komödie
Rechtswert:	3533776
Hochwert:	5686717
Längengrad:	9°29'0,24"
Breitengrad:	51°18'51,29"
Höhe über NN:	181 m
Lage:	Innenstadt, Mischgebiet
Messzeitraum:	seit 2008

### Geräteausstattung:

Komponente	seit
Schwefeldioxid	2008
Kohlenmonoxid	-
Stickstoffmonoxid	2008
Stickstoffdioxid	2008
Benzol, Toluol, m-/p-Toluol	-
Ozon	2008
Feinstaub PM10	2008
Windrichtung	2008
Windgeschwindigkeit	2008
Temperatur	2008
Relative Luftfeuchte	2008
Luftdruck	2008
Globalstrahlung	2008

### 11.4.3 Luftmessstation Witzenhausen



Kartengrundlage: Hess. Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation



#### Beschreibung:

Gebiet:	Mittel- und Nordhessen
Standortcharakter:	Wald, Mittelgebirge
EU-Code:	DEHE024
Gemeinde:	Gutsbezirk Kaufunger Wald
Straße:	
Rechtswert:	3554100
Hochwert:	5684450
Längengrad:	9°46'32,5"
Breitengrad:	51°17'36,9"
Höhe über NN:	600 m
Lage:	Wald
Messzeitraum:	seit 1983

#### Geräteausstattung:

Komponente	seit
Schwefeldioxid	-
Kohlenmonoxid	-
Stickstoffmonoxid	1983
Stickstoffdioxid	1983
Benzol, Toluol, m-/p-Toluol	-
Ozon	1983
Feinstaub PM10	2004
Windrichtung	1983
Windgeschwindigkeit	1983
Relative Feuchte	1983
Temperatur	1983
Luftdruck	1992
Globalstrahlung	1984
Niederschlag	1983

## 11.5 Abkürzungsverzeichnis

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogramm (1 millionstel Gramm) pro $\text{m}^3$ ; $10^{-6} \text{ g}/\text{m}^3$
$\mu\text{m}$	Mikrometer = 1 millionstel Meter
Abl. EWG	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften
As	Arsen
ASV	Amt für Straßen- und Verkehrswesen
B(a)P	Benzo(a)pyren
BauGB	Baugesetzbuch
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchVwV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
BTX	Benzol, Toluol, Xylol
$\text{C}_6\text{H}_6$	Benzol
Cd	Cadmium
CO	Kohlenmonoxid
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge an einem Werktag
DWD	Deutscher Wetterdienst
EG/EU	Europäische Gemeinschaften/Europäische Union
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
GVBl	Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen
GW	Grenzwert
HLSV	Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
HMUeLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
JM	Jahresmittelwert
Kfz	Kraftfahrzeug
LNF	leichte Nutzfahrzeuge
LRP	Luftreinhalteplan
max. 8-h-Wert	höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages aus stündlich gleitenden 8-Stunden-Mittelwert
$\text{mg}/\text{m}^3$	Milligramm (1 tausendstel Gramm) pro $\text{m}^3$ ; $10^{-3} \text{ g}/\text{m}^3$
MIV	Motorisierter Individualverkehr
$\text{NH}_3$	Ammoniak

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
Ni	Nickel
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide bzw. Stickstoffoxide (Summe NO + NO <sub>2</sub> , angegeben als NO <sub>2</sub> )
O <sub>3</sub>	Ozon
ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
Pb	Blei
Pkw	Personenkraftwagen
PM	Particulate matter (Staub)
PM10	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge (z.B. Lkw ab 3,5 t oder Busse)
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
t/a	Tonnen (eintausend Kilogramm) pro Jahr
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TM	Toleranzmarge
UBA	Umweltbundesamt
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WM	Wintermittelwert (01.10. – 31.03.)



HESSEN



**Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

Abteilung II

Referat II 7  
Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden