

## Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM)

<u>1. Einleitung</u>	S. 1
<u>2. Was ist Schwebstaub (PM) ?</u>	S. 2
<u>3. Woher kommen PM ?</u>	S. 3
<u>4. Entwicklung der Staubemissionen in Deutschland</u>	S. 5
<u>5. PM-Belastungssituation in Deutschland</u>	S. 7
<u>6. Luftqualitätsermittlung durch Rechnungen</u>	S. 13
<u>7. Wirkungen von PM</u>	S. 15
<u>8. Luftqualitätsgrenzwerte für PM<sub>10</sub></u>	S. 17
<u>9. Emissionsminderungsmaßnahmen</u>	S. 18
<u>10. Zusammenfassung und Ausblick</u>	S. 22

## 1. Einleitung

Zu den "klassischen" Luftschadstoffen gehört - neben Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) und Ozon (O<sub>3</sub>) – auch der „Staub“, genauer: der Schwebstaub. Wie bei den anderen Luftschadstoffen, gingen auch beim Schwebstaub – zu seiner Definition und seinen Quellen siehe Punkte [2.](#) und [3.](#) – in den vergangenen Jahren in Deutschland der Ausstoß (siehe. [4.](#)) und die auf Mensch und Umwelt einwirkende Belastung erheblich zurück (siehe. [5.](#)) Dennoch ist gerade Schwebstaub in den vergangenen Jahren wieder in die Diskussion geraten, weil es neue Erkenntnisse über seine gesundheitlichen Wirkungen (siehe. [7.](#)) gibt. Ferner gibt es in der EU heute schärfere Grenzwerte, (siehe. [8.](#)), die unter anderem Luftreinhaltepläne in Städten und Gemeinden erforderlich machen können. Nach derzeitigen Erkenntnissen wird die Einhaltung der verschärften Grenzwerte nicht überall in Deutschland möglich sein (vgl. [5.](#) und [6.](#)). Über die in diesem Fall möglichen Minderungsmaßnahmen informiert der Punkt [9.](#)

Mit diesem Hintergrundpapier erhalten Sie knapp erste orientierende Informationen zum Thema „Schwebstaub“. Die folgenden Ausführungen betreffen nur den Schwebstaub als Partikel, nicht aber dessen Inhalts- oder ihm anhaftende Stoffe.

## 2. Was ist Schwebstaub (PM) ?

Als Schwebstaub gelten alle festen und flüssigen Teilchen in der Außenluft, die nicht sofort zu Boden sinken sondern eine gewisse Zeit in der Atmosphäre verweilen. Schwebstaub oder das atmosphärische Aerosol bezeichnet man in der Wissenschaft international als Particulate Matter (PM) . Die Größe der Staubteilchen – der sogenannten Partikel – und ihre chemischen Zusammensetzung bestimmen die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Schwebstaubes. Der Durchmesser der Partikel reicht von einigen Nanometern (nm oder Milliardstel Meter) bis zu 100 Mikrometer (µm oder Millionstel Meter). Teilchen mit Durchmessern größer 0,1 µm können durch ihren aerodynamischen Durchmesser (d<sub>ae</sub>) beschrieben werden. Der d<sub>ae</sub> eines Teilchens beliebiger Form, chemischer Zusammensetzung und Dichte ist gleich dem Durchmesser einer Kugel mit der Dichte ein Gramm pro Kubikzentimeter (1 g/cm<sup>3</sup>), welche in ruhender oder wirbelfrei strömender Luft die selbe Sinkgeschwindigkeit hat wie das betrachtete Teilchen.

Die Staubpartikel lassen sich nach der Größe in folgende Fraktionen einteilen:

Ultrafeine Partikel:	Teilchen kleiner als 100 nm
Feine Partikel:	Teilchen kleiner als 2,5 µm (früher auch < 10 µm)
Grobe Partikel:	Teilchen größer als 2,5 µm (früher auch > 10 µm) (Im englischsprachigen Raum werden unter „coarse“ fraction Teilchen größer als 2,5 µm, aber kleiner als 10 µm verstanden)
PM <sub>10</sub> :	Teilchen, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % hat (amtliche Definition aus EU-Richtlinien).

PM<sub>10</sub>-Teilchen haben einen  $d_{ae}$  von 10 Mikrometern. Für sie hat die EU in der Richtlinie 1999/30/EG strenge Grenzwerte für die Luftqualität festgelegt (vgl. 8)). PM<sub>10</sub>-Teilchen erfordern für die Probenahme spezielle Systeme, die größere Teilchen weitgehend ausblenden. Die europäische Norm EN 12341 beschreibt solche Probenahmesysteme.

Die Teilchengröße bestimmt die Verweildauer in der Atmosphäre entscheidend – ebenso wie mögliche Transportwege der Teilchen. So können kleine Teilchen innerhalb weniger Tage eine Distanz über einige tausend Kilometer überwinden. Ein bekanntes Beispiel ist der Saharastaub, den man manchmal auf seinem Auto findet. Er kann – je nach Windrichtung – nach Europa oder Amerika gelangen.

Ultrafeine Partikel haben nur geringe Massenanteile an PM (wenige Prozent), weisen jedoch wegen ihrer großen Zahl (bis zu 90 %) eine erhebliche Teilchenoberfläche auf. An dieser können sich schädliche Stoffe (zum Beispiel Schwermetalle oder organische Stoffe anlagern, wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe oder Dioxine. Aus ultrafeinen Teilchen besteht auch der Ruß aus dem Auspuff moderner Dieselfahrzeuge.

### 3. Woher kommen PM ?

Üblicherweise unterscheidet man zwischen anthropogenen (von Menschen verursachten) und natürlichen Quellen. Beide Quellen lassen sich in primäre und sekundäre Quellen unterteilen.

Bei primären anthropogenen Quellen entstehen die Staubteilchen unmittelbar in diesen Quellen und werden von ihnen frei gesetzt. Hierzu zählen ortsfeste (stationäre) Quellen, unter denen Verbrennungsanlagen zur Energieversorgung (Kraftwerke und Fernheizwerke), Abfallverbrennungsanlagen, Hausbrand (Gas, Öl, Kohle u.a. feste Brennstoffe), Industrieprozesse (z.B. Metall-, Stahlerzeugung, Sinteranlagen) und Schüttgutumschlag die wichtigsten sind.

Mobile Quellen, wie der Straßenverkehr – vorrangig Diesel-LKW und Diesel-PKW – sind vor allem in Ballungsgebieten die dominierende PM-Quelle. Zu den Rußpartikeln aus dem Auspuff sind beim Straßenverkehr zusätzlich der Abrieb

der Reifen, Bremsen und Kupplungsbeläge sowie der wieder aufgewirbelte Straßenstaub als sogenannte diffuse Emissionen zu berücksichtigen. Der Schienenverkehr, die Schifffahrt – auch mit Dieselantrieb – und der Luftverkehr sind weitere mobile Quellen mit nennenswertem Staub-Ausstoß.

Sekundäre anthropogene Quellen setzen reaktionsfähige Gase frei, die sich über komplexe chemische Reaktionen in der Atmosphäre in sekundäre Staubteilchen umwandeln. Dies sind Schwefeloxide ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ), Stickstoffoxide ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und flüchtige Nichtmethankohlenwasserstoffe (NMVOC).

Die Reaktionsprodukte dieser Stoffe sind Ammoniumsulfate und Ammoniumnitrat sowie Aldehyde und Ketone als Oxidationsprodukte der NMVOC. Diese Stoffe lagern sich leicht an bereits in der Atmosphäre befindliche feine Teilchen (sogenannte Kondensationskerne) an und bilden so sekundäre Aerosole.

Sekundäre Teilchen können größere Entfernungen überwinden und so durch den Ferntransport zu Luftbelastungen an weit vom Ursprung entfernten Orten beitragen.

Als anthropogene Hauptquellgruppen für sekundäre PM sind stationäre Verbrennungsanlagen (Energie, Industrie, Hausbrand:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  und  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), Landwirtschaft ( $\text{NH}_3$ ), Lösemiteileinsatz, chemische Industrie und Petrochemie (NMVOC) zu nennen.

Primäre PM natürlichen Ursprungs können aus Vulkanen (ohne deren Gasemissionen), Meeren (Seesalzaerosole in Küstenregionen), Bodenerosion in trockenen Regionen (Mineralstäube durch Verwitterung von Gesteinen und Mineralien), Wald- und Buschfeuern und als biologisches organisches Material, zum Beispiel Pollen, Sporen, Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze) entstehen.

Sekundäre PM natürlichen Ursprungs sind beispielsweise Methan aus Feuchtgebieten und Distickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) durch biologische Aktivitäten in Böden, Gase aus Vulkanen ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ), Sulfat – meist aus Dimethylsulfat und Schwefelwasserstoff aus den Meeren – sowie Nitrat aus Böden und Gewässern.

Der Beitrag zur Belastung variiert von Ort zu Ort. Im groben Durchschnitt hat die innerörtliche Belastung folgende Ursachen:

1. etwa 50 Prozent aus der Emission von Dieselfahrzeugen (LKW, Kleinlastwagen, Busse, PKW)
2. etwa 25 Prozent aus dem, was der Verkehr aufwirbelt (Abrieb von Bremsen, Reifen, Straßenbelag)
3. etwa 25 Prozent durch ferntransportierte Partikel.

#### 4. Entwicklung des Staub-Ausstoßes in Deutschland

Staub wird bei Verbrennungsvorgängen, dem Umschlag von Schüttgütern und durch Produktionsprozesse – vornehmlich in den Bereichen Eisen und Stahl sowie Steine und Erden – erzeugt.

Die jährlichen Emissionen betragen in beiden Teilen Deutschlands vor etwa 40 Jahren zusammen noch weit mehr als drei Millionen (Mio.) Tonnen (t) jährlich. Bis 1990 gingen die Staubemissionen in den westlichen Bundesländern – insbesondere Dank der Staubabscheidung in den Großanlagen der Kraftwerke und der Industrie sowie durch Brennstoffumstellungen – von circa 1,4 Mio. t/Jahr um circa eine Million Tonnen auf noch 0,4 Mio. t pro Jahr zurück. In den neuen Bundesländern verharrten die Gesamtemissionen bis zur Deutschen Vereinigung mit 2 Mio. t/Jahr auf einem hohen Niveau.

Der Rückgang des Staubausstoßes in Deutschland von 1990 bis 1995 um 1,6 Mio. t/Jahr wurde überwiegend in den neuen Ländern erzielt, entweder, indem man veraltete Feuerungs- und Industrieanlagen stilllegte oder die Wirksamkeit von Entstaubungsanlagen verbesserte. Weiteren Einfluss hatte die Umstellung von festen Brennstoffen auf erheblich emissionsärmere flüssige und gasförmige Brennstoffe – vor allem in den kleineren Feuerungsanlagen.

Tabelle 1: Gesamtstaubemissionen in Deutschland 1990 – 2002, Angaben in Kilotonnen: eine Kilotonne sind 1000 Tonnen

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Deutschland gesamt	1883	973	631	461	374	270	254	249	235	229	227	216	209
Verbrennungsbedingte Emissionen													
einschließlich Verkehr	1316	723	426	286	202	112	104	99	88	87	80	75	70
davon: Verkehr	61	58	59	61	59	57	53	50	48	46	43	39	35
Sonstige Quellen	567	250	204	176	172	159	150	150	147	142	147	141	139
Industrieprozesse <sup>1)</sup>	431	150	129	115	113	110	103	105	102	98	103	97	95
Schüttgutumschlag	136	100	75	61	59	49	47	45	45	44	44	44	44

1) inkl. Kohleaufbereitungsanlagen; Produktionsprozesse insbesondere der Bereiche Eisen und Stahl sowie Steine und Erden.

Quelle: Umweltbundesamt 2004

In den vorstehenden Angaben sind sowohl die Aufwirbelung und der Abrieb von der Straßenoberfläche durch den Straßenverkehr als auch der erhebliche Abrieb der Reifen und Bremsen nicht enthalten.

Die Quantifizierung dieser Quellen ist schwierig, da die Höhe der anfallenden Staubmenge von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängt, die sich durch Modellierung oder Messung nur teilweise erfassen lassen. Da für diese Quellen bisher keine technischen Emissionsminderungsmaßnahmen bekannt sind, ist bei steigenden Fahrleistungen – unter anderem des Schwerlastverkehrs – mit einem weiteren Anstieg der Staubmenge zu rechnen.

Auch bei der Verursacherguppe Haushalte und Kleinverbraucher, die mit einem Anteil von mehr als zehn Prozent des gesamten Staubaufkommens spürbar ins Gewicht fällt, ist ein Anstieg zu erwarten, weil zum Beispiel vermehrt Holz als Brennstoff eingesetzt wird. Der Anteil dieser Verursacherguppe an der gesamten anfallenden Staubmenge dürfte also zunehmen.

In den unter sonstigen Quellen erfassten Industrieprozessen und beim Schüttgutumschlag konnten die technischen Maßnahmen seit Mitte der 90er Jahre keine weiteren Emissionsminderungen mehr bewirken.

Die Emissionsentwicklung dieser beiden Quellgruppen mit ihren nicht-verbrennungsbedingten Staubemissionen zeigt, dass der Anteil von PM<sub>10</sub> am Gesamtstaub nicht mehr steigt (vgl. Tabelle 2). Der Feinstaubanteil hat sich stabilisiert, weil Quellgruppen mit einem hohen Feinstaubanteil einen stärkeren Rückgang der Emissionen verzeichnen.

**Tabelle 2: Staubemissionen in Deutschland 2000 und 2002 - Anteil der PM<sub>10</sub>-Emissionen am Gesamtstaub**

Quellgruppe	Gesamtstaub		PM <sub>10</sub>				> PM <sub>10</sub>			
	Emissionen		Anteil am Gesamtstaub		Emissionen		Anteil Quellgruppen		Emissionen	
	2000 (in kt)	2002 (in kt)	2000 (in %)	2002 (in %)	2000 (in kt)	2002 (in kt)	2000 (in %)	2002 (in %)	2000 (in kt)	2002 (in kt)
<b>Deutschland gesamt</b>	<b>227</b>	<b>209</b>	<b>65,7</b>	<b>64,4</b>	<b>148,8</b>	<b>134,6</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>77,8</b>	<b>74,4</b>
<b>Verbrennungsbedingte Emissionen einschließlich Verkehr</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>98,3</b>	<b>98,1</b>	<b>78,2</b>	<b>69,1</b>	<b>52,6</b>	<b>51,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>
davon: Verkehr <sup>1)</sup>	43	35	100	100	43	34,8	28,9	25,9	0	0
<b>Sonstige Emissionen</b>	<b>147</b>	<b>139</b>	<b>48</b>	<b>47,3</b>	<b>70,6</b>	<b>65,5</b>	<b>47,4</b>	<b>48,7</b>	<b>76,4</b>	<b>73</b>
Industrieprozesse	103	95	60	60	61,8	56,7	41,5	42,1	41,2	37,8
Schüttgutumschlag	44	44	20	20	8,8	8,8	5,9	6,5	35,2	35,2

- 1) ohne folgende nicht verbrennungsbedingte Emissionen :  
Reifenabrieb (geschätzte Emission 70 kt/a, davon PM<sub>10</sub>-Fraktion knapp 10 %, Emission von der Straßenoberfläche (erheblicher PM<sub>10</sub>-Anteil) und der Bremsabrieb (5,5-8,5 kt/a, im wesentlichen PM<sub>10</sub>).

Quelle: Umweltbundesamt 2004

Auch landwirtschaftliche Aktivitäten tragen nicht unerheblich zu den primären PM-Emissionen bei. So liegt der Beitrag der Landwirtschaft zu den europäischen Primäremissionen von PM<sub>10</sub> zur Zeit bei circa neun Prozent. Beim PM<sub>2,5</sub> beträgt der Anteil sieben Prozent.

Dabei ist die Tierhaltung die größte PM-Quelle in der Landwirtschaft. 1995 stammten in Europa 4,5 Prozent des PM<sub>10</sub> und 1,7 Prozent des PM<sub>2,5</sub> aus der Tierhaltung. Die wichtigsten Emissionsquellen sind die Fütterung, der Trockenkot (vor allem in der Geflügelhaltung) sowie die Einstreu. Häufig

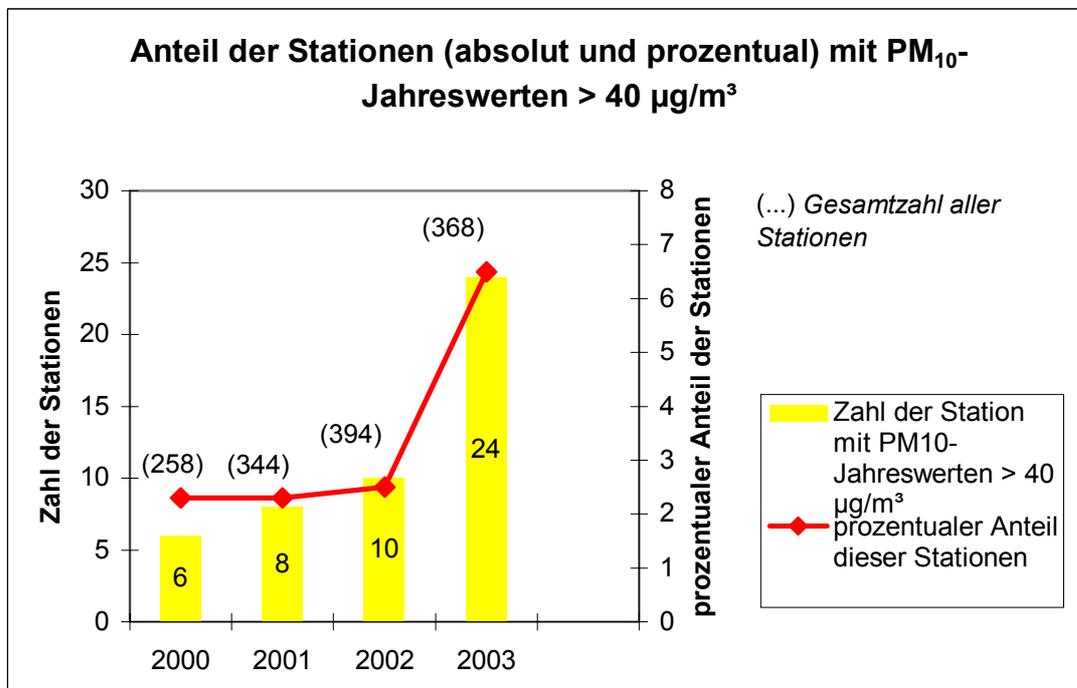
handelt es sich bei diesen Staubemissionen – auch bei denjenigen aus Ställen – um diffuse Emissionen.

Die Staubbelastung durch den Ackerbau ist nur kurz und durch den Produktionsablauf, die Bedingungen des Bodens sowie die Größe der Felder und ihren Abstand zur Wohnbebauung bestimmt. Zudem sind Emissionen für Schüttgutumschläge bei der Ernte, PM-Emissionen aus dem Energieverbrauch (Verbrennung) für Transporte und für Heizaggregate in Ställen, in Trocknungseinrichtungen oder Ähnlichem zu berücksichtigen.

## 5. PM-Belastungssituation in Deutschland

Die PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte liegen in Deutschland meist zwischen 20 und 35 µg/m<sup>3</sup> und damit unterhalb des neuen EU-Grenzwertes von 40 Mikrogramm pro m<sup>3</sup>. Vereinzelt wird dieser Wert (siehe [8.](#)) überschritten. Das wird vor allem lokal und punktuell an Stationen beobachtet, an denen die Luftbelastung in starkem Maße durch hohes Verkehrsaufkommen geprägt ist.

Die Abbildungen zeigen die Gesamtzahl der Stationen mit PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerten über 40 µg/m<sup>3</sup> sowie ihre räumliche Verteilung für die Jahre 2000 bis 2003 in Deutschland.

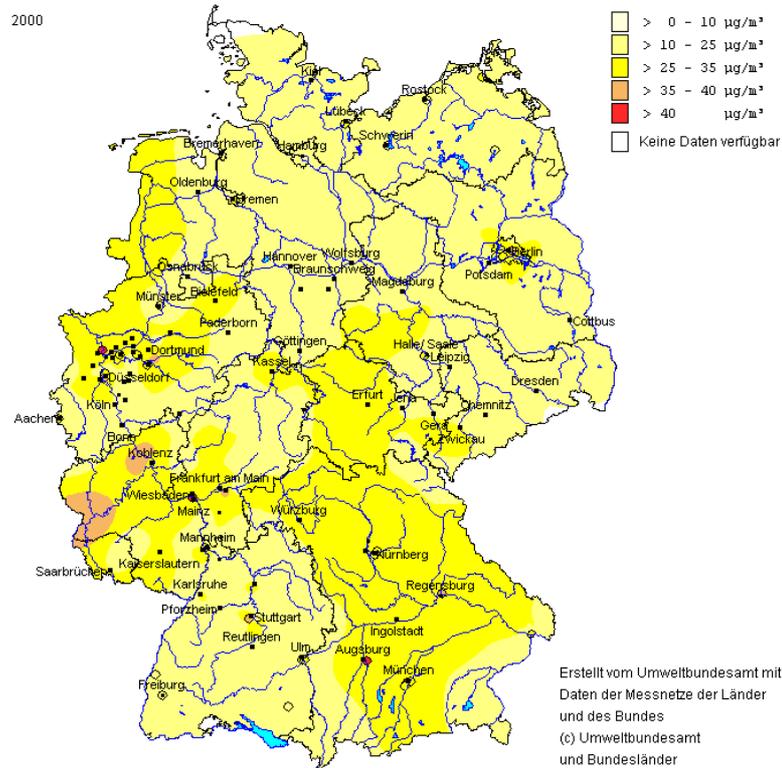


(Abbildung 1) Quelle: Umweltbundesamt

(Abbildungen 2 – 5)

**Jahresmittelwerte der Partikelkonzentration**

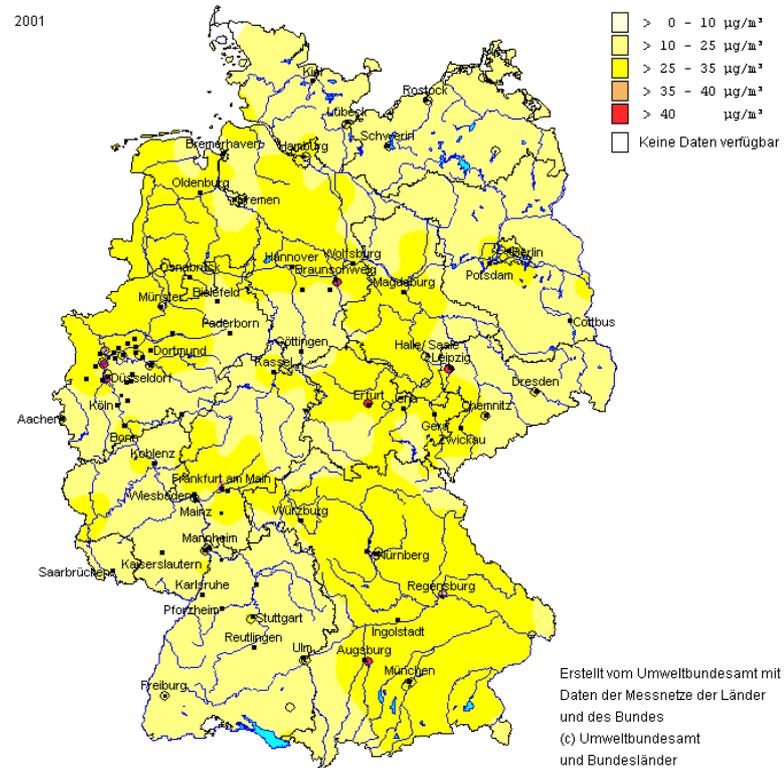
2000



Die Karte zur Belastungssituation dient der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

**Jahresmittelwerte der Partikelkonzentration**

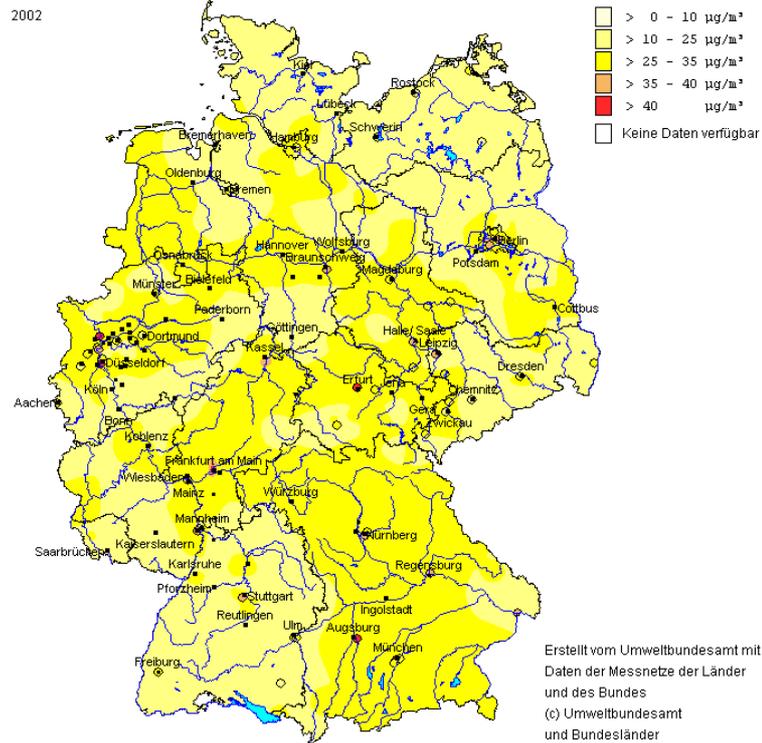
2001



Vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Belastungssituation. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

**Jahresmittelwerte der Partikelkonzentration**

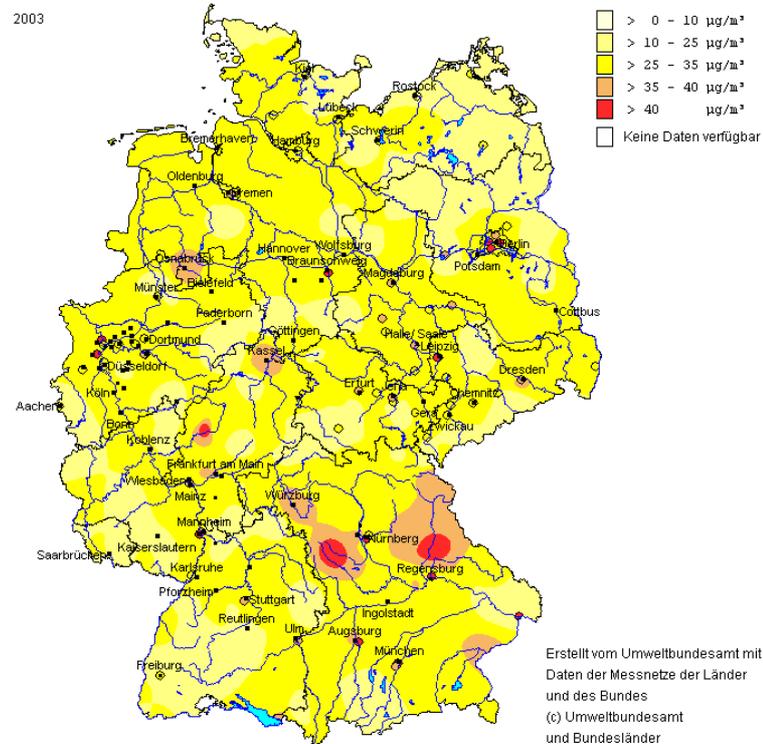
2002



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

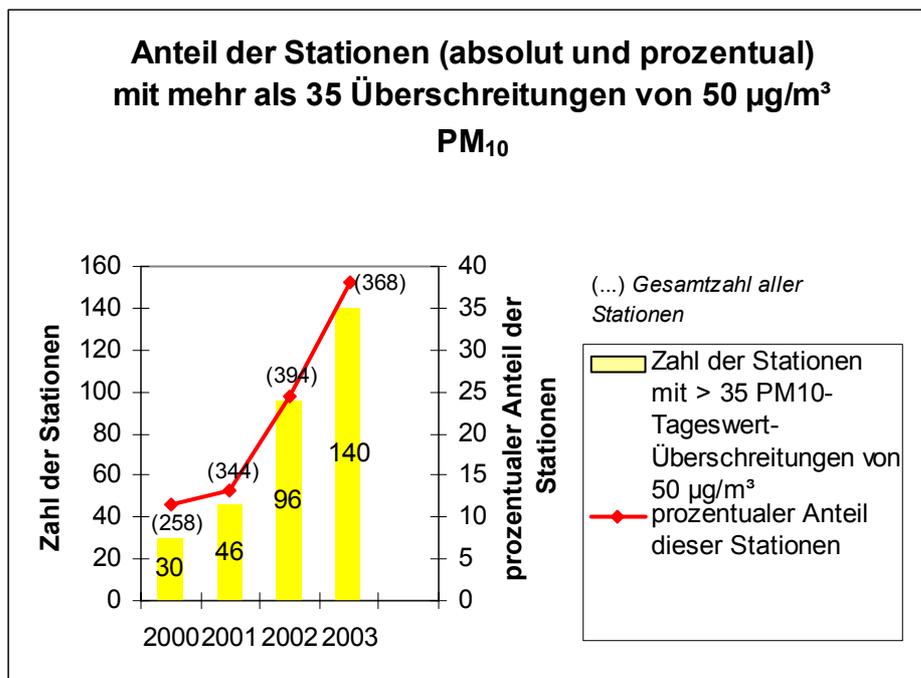
**Jahresmittelwerte der Partikelkonzentration**

2003



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

Überschreitungen des PM<sub>10</sub>-Wertes von 50 µg/m<sup>3</sup> im Tagesmittel werden als lokale Spitzen beobachtet, wobei dann meist der Verkehr die Hauptquelle ist. Zudem entstanden wiederholt großflächige, über mehrere Tage anhaltende Episoden mit hohen PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerten, und zwar in Verbindung mit ungünstigen meteorologischen Bedingungen, welche die Anreicherung des Feinstaubes in der Luft begünstigen (siehe [8.](#)). An extrem belasteten Stationen liegt die Zahl der Überschreitungen ungefähr drei mal so hoch wie es laut Grenzwerten zulässig ist.

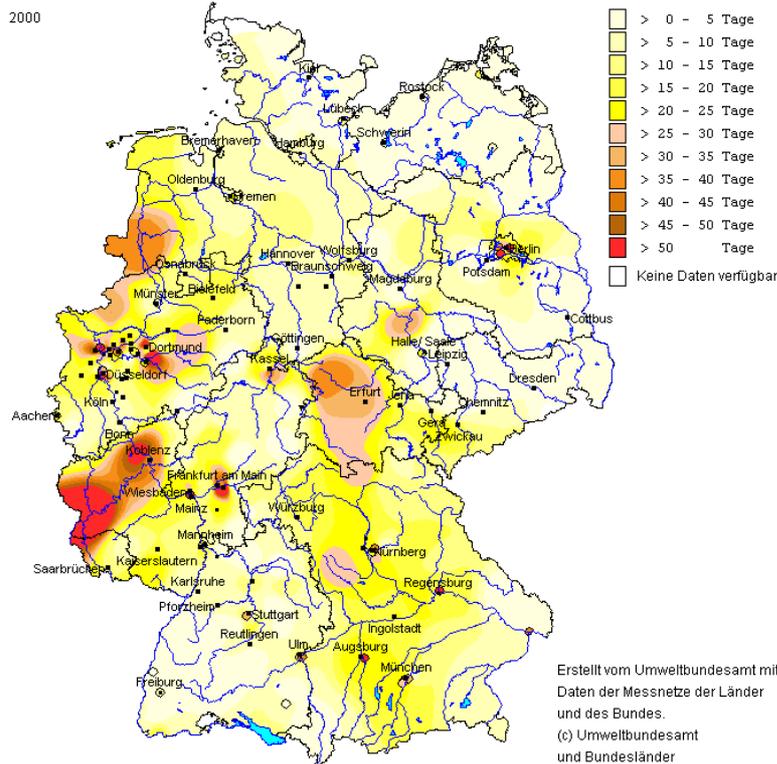


(Abbildung 6) Quelle: Umweltbundesamt

(Abb. 7-10)

Anzahl der Tage mit Tagesmittelwerten der Partikelkonzentration > 50 µg/m³

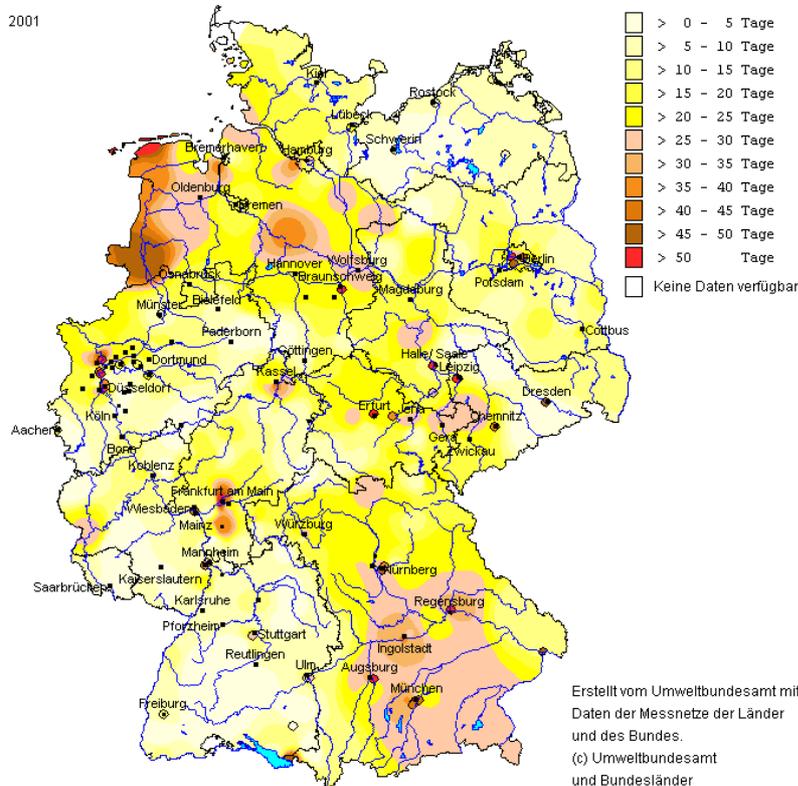
2000



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

Zahl der Tage mit Tagesmittelwerten der Partikelkonzentration > 50 µg/m³

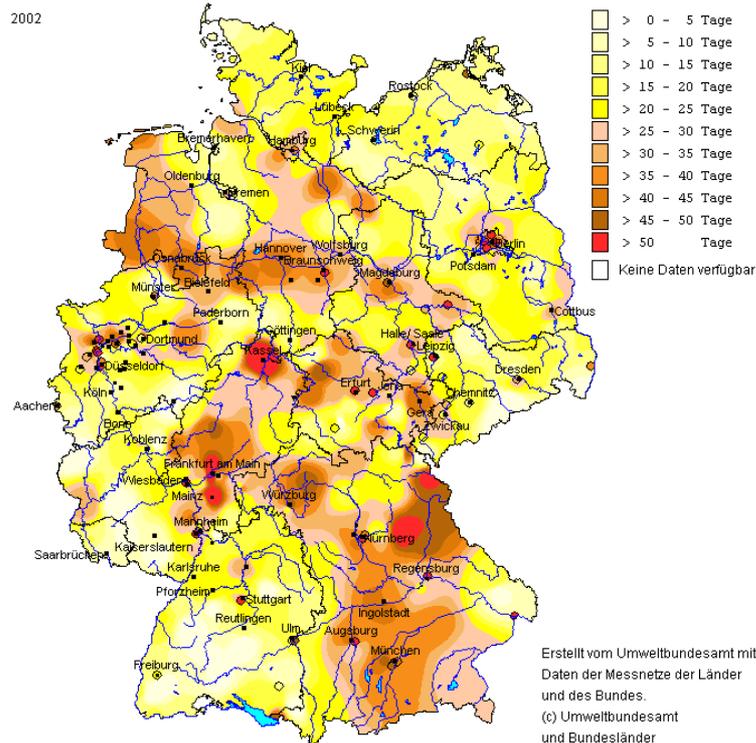
2001



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

**Zahl der Tage mit Tagesmittelwerten der Partikelkonzentration > 50 µg/m³**

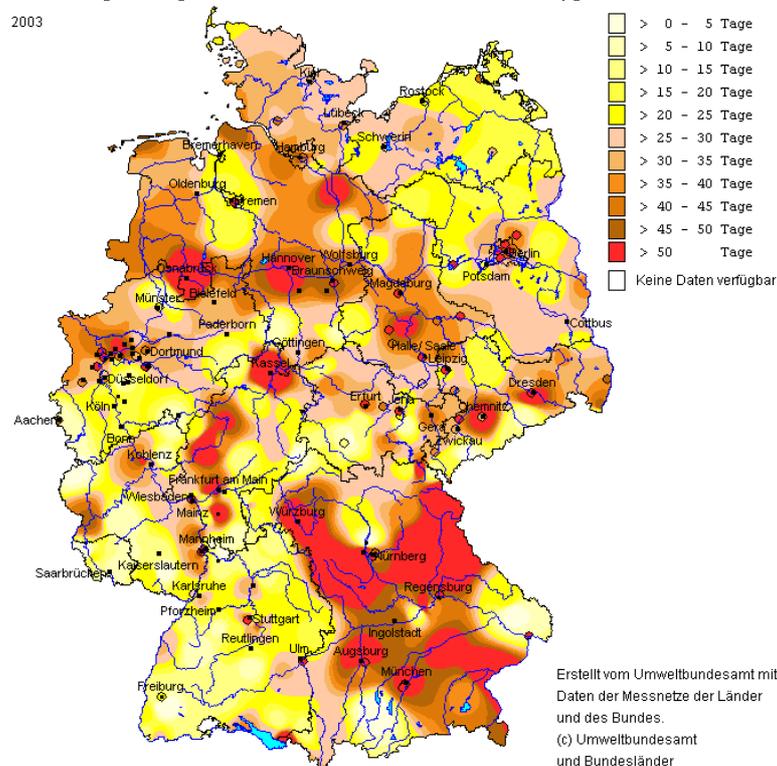
2002



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

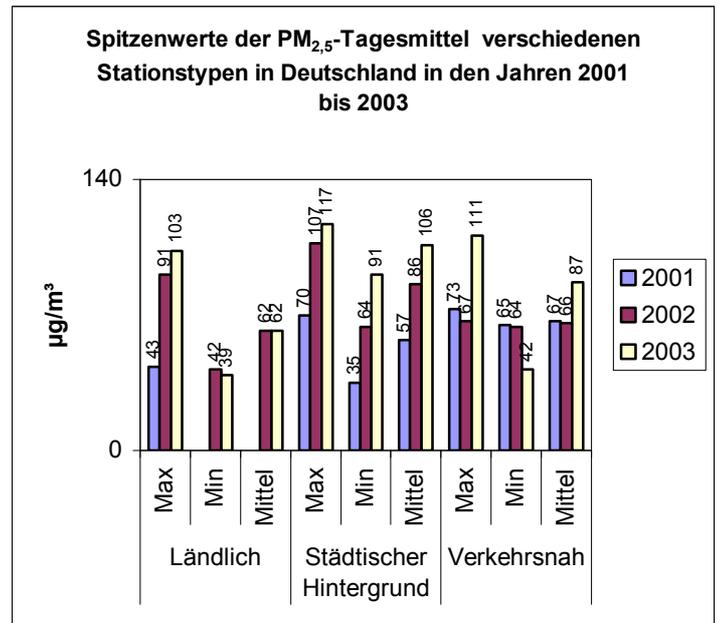
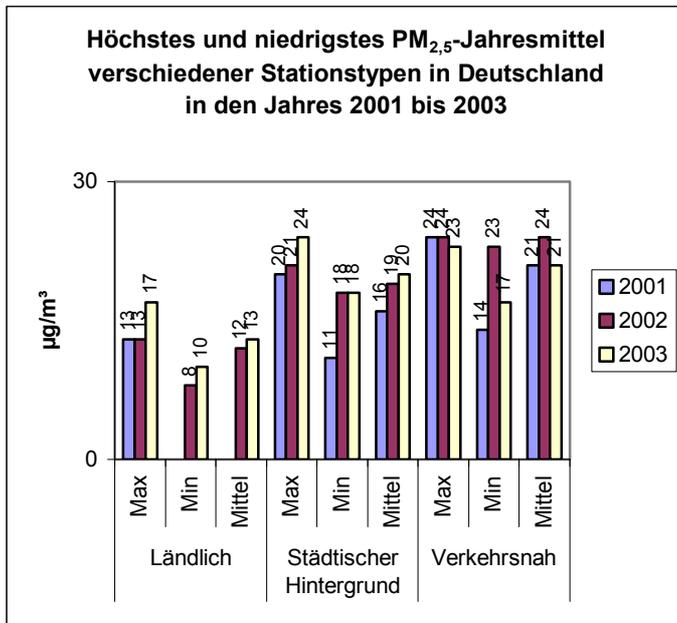
**Zahl der Tage mit Tagesmittelwerten der Partikelkonzentration > 50 µg/m³**

2003



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

Die Datenlage zur Schätzung der PM<sub>2,5</sub>-Belastung ist derzeit sowohl hinsichtlich der Zahl der in das Messprogramm einbezogenen Stationen als auch wegen Unsicherheiten in der Bewertung unterschiedlicher Messverfahren nur dazu geeignet, erste Anhaltspunkte über die Größenordnung der PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen an verschiedenen Stationstypen zu erhalten. Von 2001 bis 2003 stieg die Zahl der PM<sub>2,5</sub>-Messstellen von acht auf 15.



(Abbildungen 11-12) Quelle: Umweltbundesamt

Die PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittel liegen zwischen acht und 24 µg/m<sup>3</sup>. Belastungsunterschiede gibt es vor allem zwischen Land und Stadt. Dagegen zeigen sich in den Städten anhand der Messergebnisse keine signifikanten Belastungsunterschiede zwischen verkehrsnahen und städtischen Hintergrundstationen. Für die Spitzenwerte der PM<sub>2,5</sub>-Tagesmittel ergibt sich ein ähnlicher Befund. Belastungsunterschiede lassen sich auch hier in erster Linie nur zwischen Land und Stadt erkennen. Die absoluten Spitzenwerte der PM<sub>2,5</sub>-Tagesmittel liegen zwischen 100 und 120 µg/m<sup>3</sup>.

## 6. Luftqualitätsermittlung durch Rechnungen

Beobachtungswerte der Messnetze können die Frage, wie sich die Luftqualität durch Maßnahmen zur Verringerung der anfallenden Staubmenge verbessern wird, nicht beantworten. Für diese Fragestellung bieten sich Modellierungstechniken an (zum Beispiel Aerosol-Chemie-Transport-Modelle (ACT-Modelle)). Mit diesen Modellen wird im Computer eine „chemische Wettervorhersage“ gemacht. Man simuliert also, wie sich der Ausstoß von gasförmigen Vorläufersubstanzen in der Atmosphäre chemisch in Aerosolpartikel umwandelt, wie sich primärer und sekundärer Feinstaub in der Atmosphäre ausbreiten und durch Regen und trockene Ablagerung auf den Boden geraten. Auf diese Weise lässt sich berechnen, welche

Staubkonzentrationen zu erwarten sind, falls auf lokaler, regionaler, nationaler oder kontinentaler Ebene bestimmte emissionsmindernde Maßnahmen getroffen werden.

Als Beispiel einer Modellanwendung wurde das Immissionsminderungspotential der Region Berlin-Brandenburg anhand verschiedener Emissionsszenarien für das Jahr 1999 untersucht:

- Zunächst wurden alle Emissionen berücksichtigt,
- dann wurden die Emissionen des Landes Berlin rechnerisch auf Null gesetzt,
- schließlich wurden die Emissionen der Länder Berlin und Brandenburg rechnerisch auf Null gesetzt. (vgl. Abb. 13)

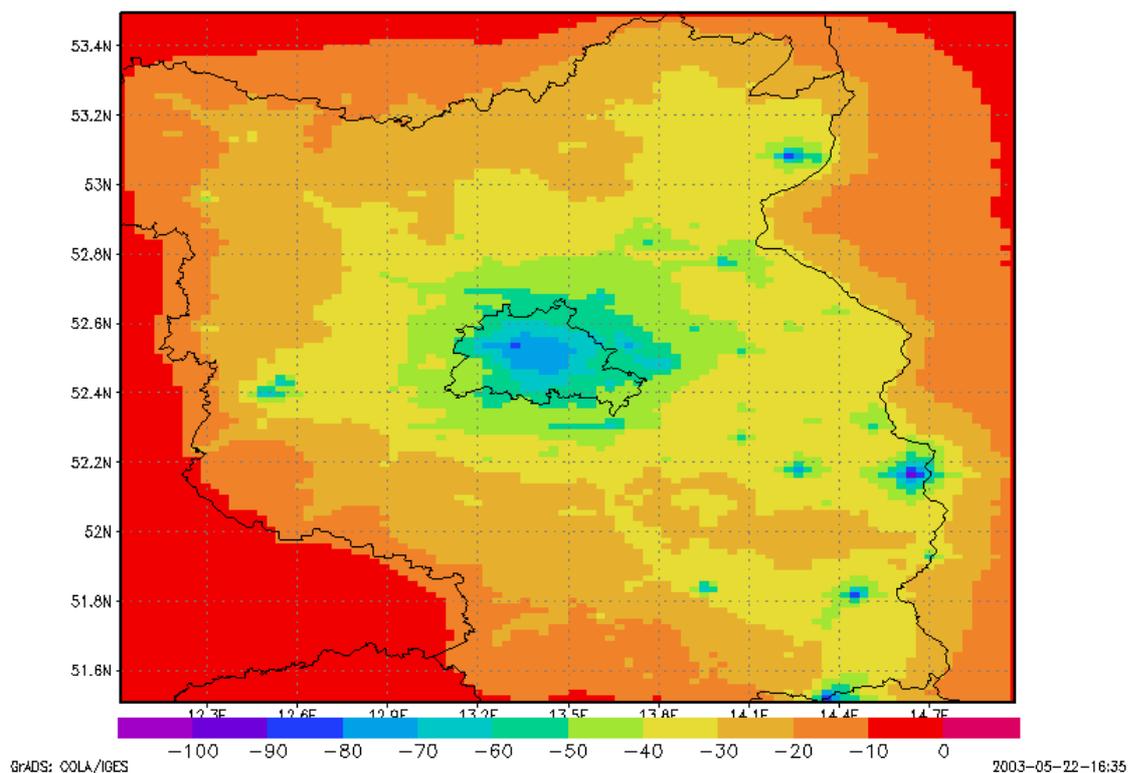


Abbildung 13: Berechnete relative Änderung der  $PM_{10}$ -Jahresmittel in % für das fiktive Szenario „Keine Emissionen im Land Berlin und im Land Brandenburg“. Quelle: Umweltbundesamt

Aus den Unterschieden in den berechneten  $PM_{10}$ -Konzentrationen ergeben sich folgende Aussagen:

Im Stadtgebiet Berlins kann man circa zwei Drittel des  $PM_{10}$ -Jahresmittelwerts ursächlich auf die Berliner Emissionen zurückführen. Für die primären Komponenten liegt der Berliner Anteil bei über 80 %. Der Konzentrationsbeitrag der Berliner Emissionen zu den sekundären Aerosolen liegt dagegen im Jahresmittel unter 25 %.

Hinsichtlich der Berliner und der Brandenburger Emissionen lässt sich ableiten, dass circa 26 % der PM<sub>10</sub>-Immissionen, circa 14 % der primären Komponenten und circa 60 % der sekundären Komponenten im Stadtkern im Jahresmittel nicht von diesen Emissionen herrühren. Dieser Anteil ist also nicht durch Maßnahmen in Berlin oder Brandenburg beeinflussbar.

## **7. Wirkungen von PM**

### **a) Wirkungen von PM auf die Gesundheit**

Ein großer Teil der gesamten Wirkungen der Luftverschmutzung ist der Staubbelastung zuzuschreiben. In den vergangenen Jahren gab es immer mehr Hinweise darauf, dass es – im Gegensatz zu früheren Annahmen – für Schwebstaub keine Schwelle gibt, unterhalb derer keine schädigende Wirkung mehr auftritt. Das bedeutet, dass unerwünschte Wirkungen zwar vermindert, aber nicht völlig verhindert werden können. Diese Wirkungen reichen von vorübergehenden Beeinträchtigungen der Atemwege (was sich in der Zunahme von Atemwegssymptomen, wie zum Beispiel Husten, und verschlechterten Lungenfunktionsmesswerten zeigt) über einen erhöhten Medikamentenbedarf bei Asthmatikern bis zu vermehrten Krankenhausaufnahmen sowie einer Zunahme der Sterblichkeit (Mortalität) wegen Atemwegserkrankungen und Herz-Kreislauf-Problemen.

Schwebstaubteilchen können als Fremdkörper dort, wo sie abgelagert werden, eine Reizwirkung ausüben, die zu entzündlichen Veränderungen führt. Je kleiner die Partikel sind, desto weiter können sie in die Atemwege vordringen. Partikel über 10 µm Teilchengröße kommen kaum über den Kehlkopf hinaus, nur ein kleiner Teil davon kann also die kleineren Bronchien und die Lungenbläschen erreichen. Für Teilchen unter 10 µm (PM<sub>10</sub>) und vor allem für diejenigen unter 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>) ist dies jedoch möglich. Ultrafeine Partikel, also solche, deren Teilchengröße unter 0,1 µm liegt, können sogar über die Lungenbläschen in die Blutbahn vordringen und sich über den Blutweg im Körper verteilen. Im Bereich der Lungenbläschen sind Atmung und Blutkreislauf funktionell und anatomisch sehr eng miteinander verbunden. Deshalb können Störungen des einen Systems – wie etwa entzündliche Veränderungen im Atemtrakt – auch das andere System, also Herz/Kreislauf, mit beeinträchtigen.

Aus epidemiologischen Studien, vorwiegend in den USA und Europa vorgenommen, lassen sich quantitative Konzentrations-Wirkungs-Beziehungen ableiten. Es gibt viele sogenannte Zeitreihen-Untersuchungen mit Sterblichkeit als untersuchter Wirkung, da die dafür benötigten Daten recht einfach zu erhalten sind. Dabei werden Sterblichkeitsdaten und Schadstoffkonzentrationen tageweise zueinander in Beziehung gesetzt. Von größerer Aussagekraft, aber mit wesentlich höherem Aufwand verbunden, sind so genannte "Kohortenstudien", in denen unterschiedlich belastete Gruppen über mehrere Jahre beobachtet werden.

Die Begründung der Luftgüte-Leitwerte der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gibt für Husten und die Anwendung bronchienerweiternder

Medikamente durch Asthmatiker eine Zunahme von etwa drei Prozent pro zehn  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Konzentrationsunterschied bei  $\text{PM}_{10}$  an, bei Krankenhausaufnahmen wegen Atemwegserkrankungen und bei der Gesamtsterblichkeit eine Zunahme um knapp einem Prozent. Diese Ergebnisse aus Zeitreihenuntersuchungen lassen sich durch Befunde aus Kohortenstudien ergänzen. Demnach ist pro zehn  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  mit einer durchschnittlichen Verkürzung der Lebenserwartung der gesamten Bevölkerung um knapp sechs Monate zu rechnen, pro zehn  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{2,5}$  um etwa acht Monate.

Die Ergebnisse epidemiologischer Studien zeigen eine annähernd lineare Expositions-Wirkungs-Beziehung. Das bedeutet, dass nicht nur Konzentrationsspitzen, sondern auch geringere Konzentrationen zu den Wirkungen beitragen und sogar – wegen ihres häufigeren Auftretens – den überwiegenden Beitrag zur Gesamtwirkung leisten. Daher ist es nötig, nicht nur die Spitzenbelastungen zu vermindern, sondern vor allem die durchschnittliche Belastung. Konkret bedeutet dies, dass dem Jahresmittelwert unter gesundheitlichen Gesichtspunkten eine größere Bedeutung zukommt als dem Tagesmittelwert.

Bei epidemiologischen Auswertungen ist eine prinzipielle Einschränkung zu machen: Sie können niemals einen klaren Ursache-Wirkungs-Zusammenhang belegen. Im Hinblick auf Schwebstaub zeigen aber die Ergebnisse vieler unabhängig voneinander und auch mit unterschiedlichen Methoden vorgenommener Studien ein so übereinstimmendes Bild, dass die Annahme eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen Staubbelastung und den genannten Wirkungen gerechtfertigt erscheint.

Welche Messgröße für Staub am stärksten mit den Wirkungen korreliert, ist noch nicht abschließend geklärt. Die gegenwärtigen Regelungen beziehen sich auf  $\text{PM}_{10}$ . In den vergangenen Jahren wurden mehr und mehr Studien mit  $\text{PM}_{2,5}$  vorgelegt, die darauf hin deuten, dass  $\text{PM}_{2,5}$  die "wirkungsrelevantere" Messgröße ist. In Untersuchungen, bei denen parallele  $\text{PM}_{10}$ - und  $\text{PM}_{2,5}$ -Messungen vorliegen, zeigen sich jedoch für beide Messgrößen vergleichbar gute Korrelationen mit der Wirkung. Da hierzulande der größte Teil von  $\text{PM}_{10}$  aus Teilchen besteht, die kleiner als  $2,5 \mu\text{m}$  sind – also aus  $\text{PM}_{2,5}$  –, sind grundsätzlich beide Messgrößen geeignet. Für konkrete quantitative Angaben zur Wirkung der ultrafeinen Partikel ist die Datenlage derzeit noch zu unvollständig.

Die gesundheitlichen Wirkungen von Partikeln aus unterschiedlichen Quellen müssen nicht gleich sein. Partikel aus Verbrennungsprozessen könnten auch in der selben Korngröße unter toxikologischen Gesichtspunkten wegen unterschiedlicher Inhaltsstoffe schädlicher sein als "natürliche" Partikel. Quantitative Angaben sind hierzu derzeit jedoch nicht möglich. Einiges deutet auch darauf hin, dass wasserlösliche Partikel weniger problematisch sein könnten als wasserunlösliche. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand ist jedoch davon auszugehen, dass Partikel jeglicher Art und Herkunft gesundheitsschädliche Wirkungen haben können. Deshalb ist die Partikelkonzentration in der Luft generell zu senken .

## **b) Wirkungen von PM auf Materialien**

Schädigende Umweltwirkungen auf Materialien, einschließlich Kulturgüter – wie historische Bauwerke, Skulpturen und Glasfenster, wurden in den vergangenen Jahren nahezu ausnahmslos gasförmigen Luftverunreinigungen zugeschrieben. Erst neuerdings wurde man – insbesondere durch Arbeiten in Großbritannien und Frankreich – darauf aufmerksam, dass auch partikelförmige luftgetragene Stoffe zu Schäden an Materialien führen. Die Wirkung erfolgt dabei über zwei unterschiedliche Mechanismen, nämlich erstens durch eine direkte Wechselwirkung mit den jeweils betroffenen Materialoberflächen nach einer Ablagerung oder zweitens indirekt durch Veränderungen der Materialoberflächen und deren physikalische Eigenschaften – beispielsweise erhöhte Licht- und Wärmeabsorption.

Eine Festlegung von Schwellenwerten für die Deposition, unterhalb derer keine schädigende Wirkung oder Belästigung eintritt, ist nicht möglich, da sich die Schadstoffe akkumulieren und Materialoberflächen – im Gegensatz zu biologischen Systemen – über keine eigenen Reparatur- und Abbaumechanismen verfügen. Einzig aus Wirtschaftlichkeitsberechnungen ließen sich Konzentrationen festlegen, die in einem noch (sozial oder politisch) zu definierenden tolerierbaren Verhältnis zu einer Partikeldeposition an Materialoberflächen stehen, wie zum Beispiel die Bereitschaft, verschmutzte Fassaden oder Fenster zu akzeptieren. Solche Wirtschaftlichkeitsberechnungen gibt es jedoch noch nicht.

## **8. Luftqualitätsgrenzwerte für Feinstaub**

Die auf die Qualität der Luft bezogenen rechtlichen Regelungen für die Belastung durch  $PM_{10}$  finden sich in der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) vom 11. September 2002. Mit ihr wurde die Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft in deutsches Recht umgesetzt. In ihr ist folgende Grenzwertregelung getroffen:

- 1.) Der ab dem 1. Januar 2005 einzuhaltende Tagesmittelwert für  $PM_{10}$  beträgt  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr.
- 2.) Ab dem Jahre 2005 beträgt der Jahresmittelwert für  $PM_{10}$   $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- 3.) Ist vor dem Stichjahr ein Grenzwert inklusive der festgelegten Toleranzmarge – dies ist ein prozentualer Aufschlag auf den Grenzwert, der jährlich in gleichen Stufen abnimmt und im Stichjahr den Wert Null erreicht – überschritten, so müssen für die betroffenen Gebiete Luftreinhaltepläne aufgestellt und bis zum Ende des übernächsten Jahres der Kommission über das UBA zugeleitet werden. Das bedeutet konkret, dass für die Überschreitungsfälle von Grenzwert plus Toleranzmarge im Jahre 2002 bis Ende 2004 Luftreinhaltepläne vorzulegen sind.

- 4.) Ist ein Grenzwert nach einem Stichtag überschritten, sind sogenannte Aktionspläne aufzustellen. Dies ist also für  $PM_{10}$  bei Überschreitungen ab dem Jahre 2005 der Fall. In den Aktionsplänen ist festzulegen, welche Maßnahmen kurzfristig zu ergreifen sind, um diesen Grenzwert einzuhalten.

Inwieweit die neuen Grenzwerte bereits in der Vergangenheit und in der Zukunft eingehalten werden konnten/können, ist unter den Punkten [5.\)](#) und [6.\)](#) dieses Hintergrundpapiers dargestellt.

Die neue 33. Verordnung zum Bundesimmissionsschutz-Gesetz zielt sowohl darauf, die Höchstmengen von Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden, Ammoniak und flüchtiger organischer Stoffe (ohne Methan) einzuhalten, als auch Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen zu vermindern. Diese Stoffe können sich in der Atmosphäre in sekundäre Feinstaubpartikel umwandeln (siehe Kapitel 3.)

## 9. Emissionsminderungsmaßnahmen

Grundsätzlich kann man bei allen Quellen die Menge des anfallenden Feinstaubes verringern – mit Ausnahme bei den natürlichen Quellen. Wegen des grenzüberschreitenden Ferntransportes der Partikel und der Vorläuferstoffe – wie Schwefeldioxid und Ammoniak (siehe [3.](#) und [5.](#)) – reichen nationale Regelungen jedoch nicht aus. Die EU befasst sich in ihrer Luftreinhaltepolitik im Rahmen des „Clean Air for Europe“-Programms mit der Entwicklung einer Strategie zur Verminderung der Staubbelastung, zu der auch die Revision der 1. Tochterrichtlinie (siehe Kapitel [8.](#)) gehören wird. Auch die Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) – die mit ihren Mitgliedstaaten einen noch größeren geographischen Raum als die EU abdeckt – setzte die Staubbelastung auf ihre Tagesordnung. Hierzu richtete sie unter deutschem Vorsitz eine Arbeitsgruppe ein. Deutschland unterstützt die Aufnahme von Feinstaub in die internationale Vereinbarung zur Begrenzung bestimmter Luft-Schadstoffe – das so genannte Multikomponenten-Protokoll der UNECE-Luftreinhaltekonvention.

Eine weitere internationale Regelung, die Einfluss auf die Verminderung der ferntransportierten Feinstaubbelastungen haben kann, ist zum Beispiel die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie). Durch die IVU-Richtlinie werden Anforderungen an die Besten Verfügbaren Techniken (BVT) für stationäre Anlagen formuliert. Mit dem in der Richtlinie festgelegten Informationsaustausch, wird für Europa die Harmonisierung des umgesetzten Standes der Technik angestrebt. Branchenbezogene BVT-Merkblätter enthalten die besten Maßnahmen zur Minderung der Emissionen sowie Anforderungen an die Behandlung diffuser Emissionen. Besonders zu erwähnen ist das übergreifende Merkblatt über „Emissions from storage“, das die BVT beim Umschlag und Lagern von festen, flüssigen und gasförmigen sowie gefährlichen Stoffen beschreibt.

## **Emissionsminderungsmaßnahmen für Industrie- und Feuerungsanlagen**

Neue Anforderungen für Feinstaub aus stationären Anlagen enthält die im Jahr 2002 neu gefasste „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft). Diese Verwaltungsvorschrift ist die wichtigste Vorschrift für industrielle Anlagen. Sie regelt auch die Genehmigung neuer Industrieanlagen. Vor der Genehmigung ist durch Modellrechnungen nachzuweisen, dass von der Anlage ausgehende Luftverunreinigungen nicht zu einer Überschreitung der Immissionswerte der TA Luft führen. Dieses Genehmigungserfordernis wurde bei der Novellierung der TA Luft auf PM<sub>10</sub> ausgeweitet.

Die TA Luft enthält außerdem anspruchsvolle, am Stand der Technik ausgerichtete Emissionswerte für genehmigungsbedürftige Anlagen. Zur Einhaltung der Emissionswerte für Staub und gasförmige Stoffe werden bei gefassten oder definierten Emissionen in der Regel leistungsfähige Abscheider zur Luftreinigung eingesetzt. Im Bereich der Stickstoffoxidminderung ist durch einen verstärkten Einsatz von Katalysatoren eine weitere Verringerung zu erwarten.

Besonderes Augenmerk gilt den diffusen Quellen. Charakteristisch für sie ist die Freisetzung der Emissionen nicht über den Schornstein, sondern in niedriger Höhe (Quellhöhe). Diese Emissionen sind besonders für die Belastung im Nahbereich von Anlagen relevant. Nach den deutlichen Reduktionen der Staubemissionen aus gefassten Quellen treten die diffusen Quellen immer mehr in den Vordergrund. Aufwändige Messungen der prozessbedingten diffusen Staubemissionen, zum Beispiel in der Metallindustrie, ergaben, dass dort mittlerweile circa 80 % der Feinstaubemissionen nicht durch den Schornstein, sondern aus Dachöffnungen, Hallentoren oder Fenstern kommen. Diese diffusen Emissionen sowie solche aus Umschlag- und Lagerprozessen sind durch den Einsatz von Staubabscheidern nur mit großem Aufwand zu mindern. Voraussetzung wäre die weitgehende Erfassung und Absaugung der staubhaltigen Abluft, was oftmals bei diesen Quellen nicht oder nicht wirtschaftlich möglich ist. Für diffuse Emissionen enthält die TA Luft keine besonderen Emissionswerte. Stattdessen versucht man hier, durch vorbeugende Maßnahmen das Entstehen von Staub zu verhindern – etwa durch Befeuchten und Einhausen – oder zu vermindern (zum Beispiel durch die Reinigung von Hallen, Wegen und Straßen, den Einsatz emissionsarmer Umschlaggeräte und Ähnlichem). Sofern dies nicht möglich sein sollte, sind diffus aus Prozessen austretende Emissionen gezielt und möglichst effektiv zu erfassen und mit technischen Mitteln zu mindern. Dazu enthält die TA Luft zahlreiche Konkretisierungen und Anforderungen in den besonderen Regelungen für bestimmte Anlagenarten.

Berücksichtigung findet die Feinstaubproblematik auch bei den laufenden Aktivitäten zur Novellierung der 1. BImSchV (Kleinfeuerungsanlagenverordnung) und der neuen 13. BImSchV (Großfeuerungsanlagenverordnung). Beide Anlagenbereiche sind für einen Großteil der primären Partikelemissionen sowie der Emissionen der Vorläuferstoffen verantwortlich. Im Bereich der 1. BImSchV kann eine wesentliche Minderung der direkten Staubemissionen durch primäre Maßnahmen – insbesondere im Bereich der Haushalte und

Kleinverbraucher – erreicht werden. Dazu gehören vor allem Energiesparmaßnahmen und die Reduzierung von Feinstaubemissionen. Im Bereich der Großfeuerungsanlagen werden schon heute effektive Staubabscheider, Entschwefelungsanlagen und Katalysatoren zur Stickstoffoxidminderung eingesetzt.

## **Emissionsminderungsmaßnahmen im Straßenverkehr**

Emissionsminderungsmaßnahmen im Verkehrsbereich müssen sowohl beim Staub, der aus der Verbrennung in den Kraftfahrzeugmotoren kommt, als auch bei den anderen Emissionen – dem Abrieb von Reifen, Bremsen, Straßenbelag und Aufwirbelung – ansetzen. Es ist zu unterscheiden zwischen Maßnahmen, die kurzfristig wirken, und solchen, die auf eine dauerhafte Reduzierung der Feinstaubbelastung zielen.

Über den Einsatz einer konkreten Maßnahme, einschließlich Ihrer Eignung in der konkreten Situation, haben die örtlich zuständigen Behörden zu befinden.

Folgende kurz- und längerfristige Maßnahmen kommen in Betracht:

- Nasse Straßenreinigung gegen Aufwirbelungen
- Tempo 30 auf Hauptstraßen mit Grenzwertüberschreitungen.
- Nutzervorteile für saubere Fahrzeuge (Gasfahrzeuge, Partikelfilter, KAT)
- Befristete Verkehrsverbote für LKW ohne Partikelfilter
- Reduzierung der Parkmöglichkeiten, d.h. weniger Individualverkehr (Binnenverkehr in der Innenstadt) – Vorrang für Busse und Bahnen (auf Busspuren); zusätzlich befristet attraktive Angebote (Fahrpreise).
- Zufahrt nur noch für Diesel-PKW und –LKW mit Partikelfilter (auch Nachrüstung bei PKW)
- Busse, Müllfahrzeuge und andere kommunale Versorgungsfahrzeuge auf Erdgas und Partikelfilter umstellen
- Kleinlaster, die im Ladeverkehr in Innenstädten eingesetzt werden, auf Erdgas und Partikelfilter umstellen
- Im Einzelfall – gegen hohe punktuelle Überschreitungen – Bau von Umgehungsstraßen.

**Dieselerußemissionen** lassen sich technisch durch eine Verbesserung der motorischen Verbrennung, Abgasnachbehandlung mit Dieselerußfiltern und durch die Umstellung auf andere Kraftstoffe, wie Erdgas, reduzieren. Besonders wirksam sind Dieselerußfilter: Diese erreichen eine Abscheiderate von mehr als 99 %, so dass die Partikelkonzentration im Abgas fast schon das Niveau der Umgebungsluft erreicht.

Der Ausstoß von Dieselerußpartikeln durch Kraftfahrzeuge wird durch die Abgasgesetzgebung der Europäischen Union für die Typprüfung von

Fahrzeugen und Motoren geregelt. Mit Inkrafttreten der EURO-4-Grenzwerte für Pkw ab 2005 wird die Partikelemission von Neufahrzeugen gegenüber den seit dem Jahr 2000 geltenden Werten um die Hälfte (Faktor 2) von 0,05 auf 0,025 Gramm pro gefahrenem Kilometer (g/km) reduziert. Diesen Wert werden nur kleinere und mittlere Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter einhalten können, während für schwere Dieselfahrzeuge vermutlich Filter erforderlich sind. Darüber hinaus hat die Deutsche Automobilindustrie zugesagt, dass alle neuen Diesel-Pkw für den Deutschen Markt bis 2008 mit Partikelfilter ausgestattet sein werden. Für schwere Nutzfahrzeuge und Busse reduzieren sich die Partikelgrenzwerte mit EURO IV/V ab 2005 um den Faktor 5 von 0,1 auf 0,02 Gramm pro Kilowattstunde (g/kWh) im stationären Motortest. Dieser Wert lässt sich noch ohne Partikelfilter durch motortechnische Maßnahmen erreichen.

Um eine schnelle Einführung von Dieselpartikelfiltern zu erreichen, plant die Bundesregierung steuerliche Anreize und kündigte deren Einführung für Pkw ab 01.01.2006 an. Da eine steuerliche Förderung auch von anderen Mitgliedstaaten der EU beabsichtigt ist, empfahl die EU-Kommission in einem Arbeitspapier vom Januar 2005 für diesen Zweck einen Partikelgrenzwert von 5 Milligramm pro Kilometer (mg/km) für Neufahrzeuge.

Das Umweltbundesamt schlägt vor, bei der notwendigen Fortschreibung der europäischen Abgasgrenzwerte die Emissionsminderungspotenziale technischer Maßnahmen – wie Partikelfilter – vollständig zu berücksichtigen und die Grenzwerte für Partikelemissionen um den Faktor zehn gegenüber EURO 4 und EURO IV/V zu senken.

**Partikel aus Abrieb und Aufwirbelung** entstehen durch das Rollen, Beschleunigen und Bremsen der Fahrzeuge unabhängig von der Antriebsart. Emissionsminderungsmaßnahmen müssen daher den Verkehr in seiner Gesamtheit betreffen. Mögliche, teilweise jedoch nur langfristig umsetzbare Maßnahmen sind beispielsweise: gebietsbezogene Verkehrsverbote und -beschränkungen, Erneuerung des Straßenbelages (Ersatz von Pflaster durch Asphalt) Geschwindigkeitsbegrenzungen für einen stetigeren Verkehrsfluss, Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf Schiene und Schiff, Verlagerung von Pkw-Fahrten auf öffentlichen Verkehr und auf den nicht-motorisierten Verkehr (Rad, Fuß), Verkehrsvermeidung (kurze Wege, Logistiklösungen).

Im Gegensatz zu den beiden Bereichen „stationäre Anlagen“ und „Landwirtschaft“, bei denen die langfristigen Maßnahmen dominieren, sind im Verkehrsbereich auch kurzfristig einsetzbare Maßnahmen verfügbar. Hier ist beispielsweise an verschiedene Maßnahmen zu denken: eine dynamische, immissionsgesteuerte – das heißt eine an der Luftbelastungssituation orientierte – Verkehrslenkung, ein intelligentes Parkrauminformationssystem, befristete Geschwindigkeitsbeschränkungen oder nach Schadstoffklassen befristete Durchfahrbeschränkungen – das sind Nutzervorteile für rußarme Fahrzeuge, analog zur Einführung des geregelten Katalysators Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts.

## **Emissionsminderungsmaßnahmen in der Landwirtschaft**

Aus der Landwirtschaft wird – neben primären Partikeln – vor allem Ammoniak als Vorläuferstoff emittiert. Mit einem speziellen Emissionsminderungsprogramm der Bundesregierung sollen die jährlichen Ammoniakemissionen von derzeit 567 Kilotonnen (kt) pro Jahr auf 400 kt/Jahr ab dem Jahr 2010 gesenkt werden.

Vorrangig sind emissionsmindernde Maßnahmen am Entstehungsort von Bedeutung. „End of pipe-Techniken“ bieten nur beschränkt Lösungsmöglichkeiten.

So sind Maßnahmen in der Betriebsführung zielführend: Diese umfassen unter anderem verbesserte Fütterungs-, Entsorgungs- und Lüftungsstrategien, angefeuchtetes Futter, Verbesserung der Futterqualität, geschlossene Lagerung des Wirtschaftsdüngers, Optimierung der Einstreumaßnahmen, Trockenheit und Sauberkeit im Stall, Anpassung des Stallklimas (Lüftungsraten, Stalltemperaturen) sowie die emissionsarme Ausbringung der Wirtschaftsdünger mit modernen Geräten und ihre sofortige Einarbeitung in den Boden. Ferner ist eine ganzjährige Bodenbedeckung vorzusehen. Von einer offenen Verbrennung biogener Abfallstoffe und Stroh oder Strohstoppeln ist abzusehen.

Als technische Maßnahmen zum Abscheiden des Staubes ist bei zwangsentlüfteten Stallanlagen mit zentraler Fassung die Abluftreinigung möglich. Es sind in der Regel keine neuen Techniken zu entwickeln, sondern bestehende Systeme den Besonderheiten der landwirtschaftlichen Produktion anzupassen.

## **10. Zusammenfassung und Ausblick**

Ab dem 1. Januar 2005 ist ein Tagesmittelwert für  $PM_{10}$  von  $50 \mu g/m^3$  bei 35 zugelassenen Überschreitungen pro Jahr einzuhalten. Der Jahresmittelwert beträgt ab 2005  $40 \mu g/m^3$ .

- Um Überschreitungen zu vermeiden, bereiten die Länder Luftreinhaltepläne vor, in denen Ursachen und mögliche Emissionsminderungsstrategien dargelegt sind .
- Die Ursachenanalysen zeigen, dass Überschreitungen meist dann auftreten, wenn zu einer relativ hohen Hintergrundkonzentration noch die Emissionen stark befahrener Straßen hinzukommen.
- Der lokale Beitrag besteht nicht nur durch Auspuffemissionen, sondern auch aus Reifenabrieb und Aufwirbelungen.

Zur Minderung der Hintergrundkonzentrationen sind bundes- oder europaseitig folgende Maßnahmen ergriffen oder eingeleitet worden: Strenge Grenzwerte für

Kraftfahrzeuge, verbunden mit steuerlichen Anreizen und strengen Grenzwerten für stationäre Quellen

Die Luftreinhaltepläne der Länder nennen vor allem folgende Maßnahmen:

- Verbesserung des Öffentlichen Personennahverkehrs inklusive technischer Nachrüstungen;
- Reduzierung des Verkehrsaufkommens, um den Reifenabrieb zu verringern;

Nach jetziger Erkenntnis besteht dennoch die Gefahr, dass die zulässigen Überschreitungen des Tagesmittelwertes in zahlreichen Ballungsräumen nicht eingehalten werden können.

Hier ist es Aufgabe der Länder, Aktionspläne vorzubereiten, die durch kurzfristige Maßnahmen eine Überschreitung vermeiden oder deren Umfang verringern. Über den Einsatz einer konkreten Maßnahme haben die örtlich zuständigen Behörden zu befinden.