

# Emissionskataster Hessen - Luft

## Einführung

Grundlage für das Emissionskataster ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) aus dem Jahre 1974. Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen (§ 1 Abs.(1) BImSchG).

Das Emissionskataster Hessen wird vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) geführt. Es umfasst alle innerhalb Hessens erhobenen Emissionsmengen gas- und staubförmiger Luftverunreinigungen und ist nach folgenden Emittentengruppen aufgeschlüsselt:

- Genehmigungsbedürftige Anlagen (Industrie)
- Sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (Kleingewerbe)
- Nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen (Gebäudeheizung)
- Verkehr (Straßen-, Schienen-, Schiffsverkehr sowie Flugverkehr bis 300 m über Grund)
- Biogene und nicht gefasste Quellen
- Privater Verbrauch

Das Emissionskataster dient als wichtige Datengrundlage für die großräumige Betrachtung von Luftschadstoffen nach dem Verursacherprinzip und stellt eine notwendige Voraussetzung für eine nachhaltige Luftreinhalteplanung dar. Mit seiner Hilfe kann bei

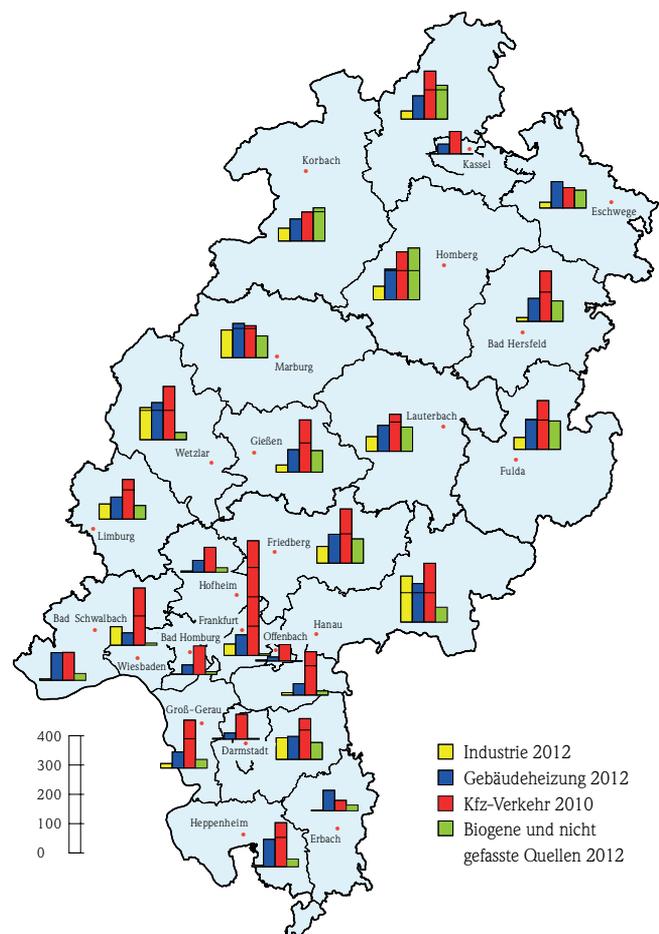


Abb. 1: PM<sub>10</sub>-Emissionen ausgewählter Emittentengruppen auf Kreisebene in Tonnen pro Jahr

der Überschreitung von Immissionswerten der Verursacheranteil der einzelnen Emittenten ermittelt und in Maßnahmenplänen berücksichtigt werden. Als Beispiel für eine regionale Emissionsbetrachtung werden in der Abbildung 1 PM<sub>10</sub>-Emissionen kreisbezogen dargestellt.

## Entwicklung des Emissionskatasters

In den 70er und 80er Jahren wurden die Emissionen von Industrie, Kleingewerbe, Gebäudeheizung und Kfz-Verkehr erhoben. Die Industrie-Emissionen wurden dabei jährlich ermittelt; die Emissionskataster der anderen drei Emittentengruppen wurden in größeren Zeitabständen fortgeschrieben. Die Emissionserhebungen wurden damals ausschließlich innerhalb der einzelnen Untersuchungsgebiete durchgeführt (in Hessen wurden 1975 vier besonders belastete Regionen als Untersuchungsgebiete ausgewiesen: Kassel, Wetzlar, Rhein-Main und Untermain).

In den 90er Jahren wurden die Emissionserhebungen in mehrfacher Hinsicht erweitert:

- Seit 1990 ist das Erhebungsgebiet auf ganz Hessen ausgedehnt
- die Emittentengruppen wurden ergänzt um die biogenen und nicht gefassten Quellen sowie um den privaten Verbrauch
- die Palette der erfassten Luftschadstoffe wurde u. a. um die klimarelevanten Gase Kohlendioxid, Methan und Lachgas sowie um Feinstaub (PM<sub>10</sub>) erweitert

Seit 1990 wurden die in Tabelle 1 genannten Teilkataster landesweit erhoben:

Tab. 1: Landesweite Datenerhebungen

Emittentengruppe	Jahrgänge
Industrie	1992, 1994, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012
Kleingewerbe	1995, 2000, 2006, 2012
Gebäudeheizung	1994, 2000, 2006, 2012
Kfz-Verkehr	1990/91, 1995, 2000, 2005, 2010
Biogene und nicht gefasste Quellen	1992, 2000, 2006, 2012
Privater Verbrauch	1995, 2005

Dabei gilt für alle Teilkataster, dass zwischen dem Ende des Erhebungszeitraums und der Bereitstellung der validierten Daten durch die zuständigen Datenlieferanten erhebliche Zeit verstreichen kann. Im Anschluss sind die Daten aufwändig aufzubereiten, sodass zwischen Berichtsjahr und der Veröffentlichung mehrere Jahre vergehen können.

Eine umfassende Aufstellung der Emissionen erfolgt im Online-Service Emissionskataster Hessen (<http://emissionskataster.hlnug.de/>). Hier werden die Schadstoffe sowohl tabellarisch als auch in einer Karte dynamisch auf verschiedenen Ebenen (je nach Emittentengruppe für Hessen, Kreis, Gemeinde, 1 km<sup>2</sup> und betreiberbezogen) dargestellt. Die vollständigen Daten können über das HLNUG angefordert werden.

In den nachfolgenden Emissions-Tabellen werden für jede Emittentengruppe bis zu drei beispielhafte Jahrgänge aufgeführt.

# Emittentengruppe Industrie

## Erhebungsmethode

In der Emittentengruppe Industrie werden Emissionen von Anlagen erfasst, die nach der 4. Bundes-Immissionsschutzverordnung (4. BImSchV) genehmigungsbedürftig sind und deren Betreiber nach der 11. BImSchV zur Abgabe einer Emissionserklärung verpflichtet sind. Wesentlicher Inhalt der Emissionserklärung sind Angaben zum Standort des Werkes, zu dessen Anlagen, zu den in diesen Anlagen emissionsrelevanten gehandhabten Stoffen, den emissionsverursachenden Vorgängen und den daraus resultierenden Emissionen, sowie Angaben zu den emittierenden Quellen. Für das Jahr 2012 wurden hessenweit von 806 Betreibern Emissionserklärungen für 1.111 Anlagen abgegeben.

Die von den Anlagenbetreibern abzugebende Emissionserklärung wird über ein elektronisches Erfassungssystem (Betriebliche Umweltdatenberichterstattung, BUBE) der jeweils zuständigen Umweltbehörde übermittelt und nach einer maschinellen Plausibilitätsprüfung auf inhaltliche Richtigkeit und Vollständigkeit geprüft. Anschließend werden die Daten durch das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie ausgewertet.

Die genehmigungsbedürftigen Anlagen werden entsprechend dem Anhang 1 zur 4. BImSchV in folgende zehn Bereiche eingeteilt:

- Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie
- Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe
- Stahl, Eisen und sonstige Metalle einschl. Verarbeitung
- Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralö raffination und Weiterverarbeitung
- Oberflächenbehandlung mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen
- Holz, Zellstoff
- Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse
- Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen

- Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Gemischen
- Sonstige Anlagen (Motorenprüfstände, Textilveredelung etc.)

## Emittierte Stoffe

In der folgenden Tabelle 2 sind die für 1996, 2004 und 2012 erhobenen Jahresemissionen für die Industrie aufgeführt.

Tab. 2: Jahresemissionen der Industrie in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] (CO <sub>2</sub> : [kt/a]) <sup>3)</sup>		
	1996	2004	2012
<b>Anorganische Gase</b>			
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	16.029	14.013	12.263
Kohlenmonoxid (CO)	14.355	10.318	6.888
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	18.868	15.485	11.991
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	7.358	3.808	2.649
Ammoniak (NH <sub>3</sub> ) <sup>1)</sup>	65	86	52
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	622	382	251
weitere Gase	2.577	451	409
<b>Organische Gase</b>			
NM VOC <sup>2)</sup>	7.434	4.169	3.332
Methan (CH <sub>4</sub> ) <sup>1)</sup>	565	382	715
<b>Stäube</b>			
Staub	3.572	2.670	1.970
davon Feinstaub PM <sub>10</sub>	2.346	1.550	957
<sup>1)</sup> Emissionen aus Massentierhaltung sind aufgrund von Doppelnennungen in den biogenen und nicht gefassten Quellen nicht im Teilkataster Industrie aufgeführt <sup>2)</sup> flüchtige organische Verbindungen ohne Methan; Wert enthält einen geringen Methananteil <sup>3)</sup> Tonnen pro Jahr (bei CO <sub>2</sub> in Kilotonnen pro Jahr)			

Das Teilkataster Industrie (2012) enthält 467 von den Betrieben emittierte Stoffe bzw. Stoffgruppen. Von diesen 467 Stoffen sind ca. 60 % den organischen Gasen, ca. 30 % den Stäuben und ca. zehn Prozent den anorganischen Gasen zuzuordnen.

## Zeitliche Entwicklung

Die industriellen Schadstoffemissionen sind insgesamt in den letzten Jahrzehnten erheblich gesunken. Besonders wichtige Maßnahmen in diesem Zusammenhang waren die Entschwefelung und Entstickung bei Großfeuerungsanlagen sowie die Modernisierung von Produktionsverfahren und Fortschritte bei der Abluftreinigung entsprechend folgender Vorschriften:

- Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen (13. BImSchV)
- Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen (17. BImSchV)
- Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen (31. BImSchV)
- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)

## Emittentengruppe Kleingewerbe

### Erhebungsmethode

In der Emittentengruppe Kleingewerbe werden die nach Bundes-Immissionsschutzgesetz nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen zusammengefasst. Ausgenommen hiervon sind kleine und mittlere Feuerungsanlagen (Gebäudeheizung), die als eine eigene Emittentengruppe geführt werden. Emissionen aus dem handwerklichen Sektor, die außerhalb von Betriebsstandorten bzw. Anlagen entstehen (z. B. im Malerhandwerk, Baugewerbe), sind der Emittentengruppe „Privater Verbrauch“ zugeordnet.

Die Emissionsberechnungen erfolgten 1995 kleinräumig und auf die einzelnen kleingewerblichen Anlagen bezogen. Bei den Erhebungen in den Jahren 2000 und 2006 wurde hingegen ein betriebsbezogener Ansatz gewählt. Auf Grundlage der Anzahl der Betriebe und unter Nutzung von branchenspezifischen Emissionsfaktoren wurden die Emissionen berechnet.

Dabei wurden die Schadstoffe Staub und NMVOC (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) von u. a. folgenden Branchen betrachtet:

- Lackierbetriebe
- Druckereien
- Tankstellen
- Metallbe- und -verarbeitende Betriebe
- Kunststoffbe- und -verarbeitende Betriebe
- weitere emissionsrelevante Branchen

Für das Jahr 2012 erfolgte die Erhebung der Lösemittel-Emissionen durch einen Top-Down-Ansatz aus deutschlandweiten Daten. Die NMVOC-Emissionen aus den Betankungsvorgängen von Autos wurden auf Grundlage von statistischen Daten und Emissionsfaktoren berechnet.

Die kleinste räumliche Einheit der Emissionskataster 2000, 2006 und 2012 (nur NMVOC) ist die kreisfreie Stadt bzw. der Landkreis.

### Emittierte Stoffe

Die Tabelle 3 zeigt die Jahresemissionen des Teilkatasters Kleingewerbe der Bezugsjahre 2000, 2006 und 2012.

Tab. 3: Jahresemissionen des Kleingewerbes in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] <sup>2)</sup>		
	2000	2006	2012
<b>Organische Gase</b>			
NMVOC <sup>1)</sup>	10.287	9.596	9.337
<b>Stäube</b>			
Staub (entspricht PM <sub>10</sub> )	206	198	188
<sup>1)</sup> flüchtige organische Verbindungen ohne Methan			
<sup>2)</sup> Tonnen pro Jahr			

Die NMVOC-Emissionen stammen 2012 zu 75 % aus der Herstellung und Anwendung von Lösemitteln bzw. lösemittelhaltigen Stoffen. Hauptsächlichste Emittenten sind hierbei Lackierereien (20 %), die Chemiebranche (18,7 %), Metallbe- und -verarbeitung (11,5 %) sowie Druckereien (8,7 %). Etwa 25 % entfallen auf die Bereiche der Kraftstoffumfüllung und -verteilung (Tankstellen, Tanklager).

## Zeitliche Entwicklung

Die vom Kleingewerbe emittierten Mengen an organischen Gasen sind in den letzten Jahrzehnten gesunken. Dafür waren u. a. schärfere Anforderungen an chemische Reinigungen, Oberflächenbehandlungsanlagen sowie an das Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen bzw. das Betanken von Kraftfahrzeugen verantwortlich.

## Emittentengruppe Gebäudeheizung

### Erhebungsmethode

Bei der Erhebung zur Emittentengruppe Gebäudeheizung werden die Emissionen aus Feuerungsanlagen erfasst, für die keine immissionsschutzrechtliche Genehmigung nach der 4. BImSchV benötigt wird. Die Feuerungsanlagen dienen überwiegend der Heizung und Warmwasserbereitung in privaten und öffentlichen Gebäuden, aber auch der Wärmeerzeugung im Industrie- und Gewerbebereich.

Im ersten Arbeitsschritt erfolgt die Ermittlung des Endenergieeinsatzes für die Sektoren private Haushalte und sonstige Verbraucher sowie seine Differenzierung nach einzelnen Energieträgern. In die Berechnungen geht eine Reihe statistischer Daten ein wie z. B. Gebäudegröße, Einwohnerzahl, Beheizungsart und die Mengenangaben zu den Energieträgern. Die rechts stehende Tabelle 4, die das Resultat des ersten Arbeitsschritts ist, zeigt die Anteile der einzelnen Energieträger am Endenergieeinsatz für die Bezugsjahre 1994, 2000 und 2012. Heizöl und Erdgas stellen die dominierenden Energieträger dar, Fernwärme trägt nur zu 5 % zum Endenergieeinsatz bei. Die Festbrennstoffe (Steinkohle, Braunkohle, Holz) weisen bei der Energiebilanz nur einen relativ niedrigen Anteil von ca. 6 % auf; dennoch leisten gerade sie einen erheblichen Beitrag zu den Emissionen der Gebäudeheizung. Strom hat ab dem Jahr 2012 erhebungsbedingt einen höheren Anteil, da neben dem geringen Anteil an Heizstrom auch andere Energieeinsätze (zum Kochen, für Leuchtmittel, für Klimageräte und anderes) berücksichtigt werden.

Nach heutigem Kenntnisstand der für Hessen als Summe erhobenen Energiedaten ist davon auszugehen, dass der Anteil an Festbrennstoffen in den früheren Erhebungen z. T. unterschätzt wurde. In einer fachlich begründeten Abwägung wurde aber entschieden, die vom HLNUG in kleinräumiger Auflösung erhobenen Werte weiter zu verwenden.

Tab. 4: Anteile der Energieträger am Endenergieeinsatz

Energieträger	Anteil [%]		
	1994	2000	2012
Heizöl	49,5	41,8	23,4
Erdgas	37,4	43,6	36,1
Strom	4,9	6,9	28,2 <sup>1)</sup>
Fernwärme	5,1	4,4	4,8
Festbrennstoffe	3,0	3,3	7,5 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> vor 2012 nur Heizstrom, ab 2012 alle Elektrogeräte, z. B. Klimageräte, Leuchtmittel, Kochen  
<sup>2)</sup> enthält geringen Anteil erneuerbarer Energieträger wie z. B. Solarthermie

In einem zweiten Arbeitsschritt der Berechnung werden die Emissionen, die durch den Einsatz der Brennstoffe Heizöl, Erdgas, Kohle und Holz in Feuerungsanlagen entstehen, aus dem Endenergieeinsatz mittels jahrgangsbezogener, energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren errechnet. Die Emissionen der Energieträger Strom und Fernwärme werden den jeweiligen Kraft- und Heizwerken zugeordnet; soweit die betreffenden Feuerungsanlagen genehmigungsbedürftig sind, sind sie in der Emittentengruppe Industrie berücksichtigt worden.

Die landesweiten Emissionsdaten für die Emittentengruppe Gebäudeheizung liegen aufgeschlüsselt nach Städten und Gemeinden vor.

### Emittierte Stoffe

Die Ergebnisse für die Bezugsjahre 1994, 2000 sowie 2012 sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Der NMVOC-Emissionswert stellt einen Summenwert dar, der stofflich nicht weiter untergliedert ist. Der Emissionswert für die Stäube setzt sich zusammen aus den emittierten Mengen an Staub, staubförmigen organischen Komponenten (abhängig vom Erhebungsjahr) und Schwermetallen.

Tab. 5: Jahresemissionen der Gebäudeheizung in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] (CO <sub>2</sub> : [kt/a]) <sup>2)</sup>		
	1994	2000	2012
<b>Anorganische Gase</b>			
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	19.752	18.450	13.291
Kohlenmonoxid (CO)	53.466	52.669	56.648
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	14.338	12.523	7.136
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	16.034	10.483	1.921
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	147	143	107
gasförmige Fluor- und Chlorverbindungen	81	38	20
<b>Organische Gase</b>			
NMVOG <sup>1)</sup>	6.043	4.299	2.520
Methan (CH <sub>4</sub> )	1.003	1.408	1.976
<b>Stäube</b>			
Staub	2.956	1.151	1.987
davon Feinstaub PM <sub>10</sub>	2.685	1.079	1.930
<sup>1)</sup> flüchtige organische Verbindungen ohne Methan			
<sup>2)</sup> Tonnen pro Jahr (bei CO <sub>2</sub> in Kilotonnen pro Jahr)			

### Zeitliche Entwicklung

Die Schadstoffemissionen im Bereich der Gebäudeheizung sind in den letzten Jahrzehnten bei den meisten Stoffen stark zurückgegangen. Hierfür sind mehrere Gründe verantwortlich:

- Modernisierung von Heizanlagen
- Energiesparmaßnahmen wie Wärmedämmung
- Umstellung von Festbrennstoffen auf Gas oder Öl, Einsatz erneuerbarer Energien

Allerdings sind zwischen 1994 und 2012 aufgrund der Abnahme der Kohlefeuerungen, aber auch der Zunahme der Holzfeuerungen gegenläufige Entwicklungen bei den Staub-Emissionen zu erkennen, so dass nach Staubminderungen die Staub-Emissionen wieder steigen.

## Emittentengruppe Kfz-Verkehr

Vom Verkehr (Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Flugverkehr) wird hier nur der Kfz-Verkehr beschrieben, da dieser den Hauptbeitrag zu den Verkehrs-Emissionen liefert. Angaben zum Flugverkehr finden sich in Tabelle 11 (Seite 12).

### Erhebungsmethode

Die Ermittlung der Kraftfahrzeug-Emissionen erfolgt nicht anlagenbezogen (pro Fahrzeug), sondern streckenbezogen. Das vollständige Straßennetz Hessens dient als Datengrundlage. Dieses wird in fünf Straßenarten eingeteilt (Autobahnen, Bundesstraßen, Landesstraßen, Kreisstraßen und Gemeindestraßen) und ist außerdem nach innerorts bzw. außerorts untergliedert.

Es werden folgende Fahrzeugarten unterschieden:

- Pkw
- leichte Nutzfahrzeuge
- schwere Nutzfahrzeuge
- Busse
- Krafträder

Die Daten zu den Verkehrsmengen stammen von Hessen Mobil aus Verkehrszählungen; bei Straßen ohne Zählraten wird das Verkehrsaufkommen über ein Verkehrsmodell bestimmt. In Verbindung mit den Emissionsfaktoren des Umweltbundesamts für jeden Fahrzeugtyp und für verschiedene Verkehrssituationen lassen sich die Emissionen des Straßenverkehrs berechnen. Die Emissionsfaktoren berücksichtigen u. a. die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte, die Emissionen in der Warmlaufphase und die des ruhenden Verkehrs; letztere setzen sich aus Verdunstungsemissionen des Kraftstoffs bei Heiß- und Warmabstellvorgängen sowie bei der Tankatmung zusammen.

## Emittierte Stoffe

Die Ergebnisse für die Bezugsjahre 1995, 2000 sowie 2010 sind in der Tabelle 6 aufgeführt. Die Berechnungen für das Erhebungsjahr 2010 erfolgten mit den zum Zeitpunkt der letzten Fortschreibung aktuellen Emissionsfaktoren (Quelle: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Jan. 2010, UBA Berlin), die früheren Jahrgänge wurden mit der Vorgängerversion 2.1/Feb. 2004 berechnet.

Tab. 6: Jahresemissionen des Kfz-Verkehrs in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] (CO <sub>2</sub> : [kt/a]) <sup>2)</sup>		
	1995	2000	2010
<b>Anorganische Gase</b>			
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	14.347	14.766	13.991
Kohlenmonoxid (CO)	330.090	192.620	101.850
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	88.482	74.182	46.211
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	5.495	1.539	70
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	996	1.139	1.668
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	400	366	309
<b>Organische Gase</b>			
NMVOG <sup>1)</sup>	45.869	20.032	5.919
Methan (CH <sub>4</sub> )	1.860	847	359
<b>Stäube</b>			
Staub (entspricht PM <sub>10</sub> )	5.369	4.761	3.672
<sup>1)</sup> flüchtige organische Verbindungen ohne Methan			
<sup>2)</sup> Tonnen pro Jahr (bei CO <sub>2</sub> in Kilotonnen pro Jahr)			

Der NMVOG-Emissionswert stellt einen Summenwert dar, der (bis auf Einzelangaben zu Benzol, Toluol und Xylol) stofflich nicht weiter aufgeschlüsselt ist. Der Staub-Emissionswert wird mit Hilfe des Emissionsfaktors für Partikel berechnet und ist ebenfalls nicht weiter untergliedert (nur für den Anteil Dieselruß liegen Angaben vor).

Der Parameter NMVOG setzt sich aus den Emissionen des fließenden und des ruhenden Verkehrs zusammen. Die Verdunstungs- und Tankatmungs-emissionen stellen in den Jahren 1995 bis 2005 etwa ein Viertel des NMVOG-Emissionswerts dar, mit den neuen, in einer geänderten Systematik erstellten Emissionsfaktoren reduziert sich dieser Anteil für das Jahr 2010 auf etwa 5 Prozent.

Bei den Stäuben ist durch eine geänderte Emissionsmodellierung eine Differenzierung zwischen Emissionen aus dem Auspuff (motorbedingt) und Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb (nicht motorbedingt) möglich. Bei deren Aufgliederung in der Tabelle 7 fällt auf, dass der nicht motorbedingte Emissionsanteil am Feinstaub stetig ansteigt, und zwar von 43 % im Jahr 1995 über 53 % im Jahr 2000 und 60 % im Jahr 2005 auf nunmehr 65 % im Jahr 2010.

Tab. 7: Anteil der motorbedingten und der nicht motorbedingten Staubemissionen des Kfz-Verkehrs in Hessen

Energieträger	Emission [t/a] <sup>1)</sup>			
	1995	2000	2005	2010
Staub (entspricht PM <sub>10</sub> )	5.369	4.761	4.176	3.672
davon Aufwirbelung und Abrieb	2.332	2.541	2.525	2.373
davon motorbedingt	3.038	2.220	1.651	1.300
<sup>1)</sup> Tonnen pro Jahr				

Die Karte (Abbildung 2) zeigt die Stickstoffoxid-Jahresemissionen des Kfz-Verkehrs für das Jahr 2010 auf Rasterebene. Auf ihr sind insbesondere die Hauptverkehrswege sowie die dicht besiedelten Gebiete gut erkennbar.

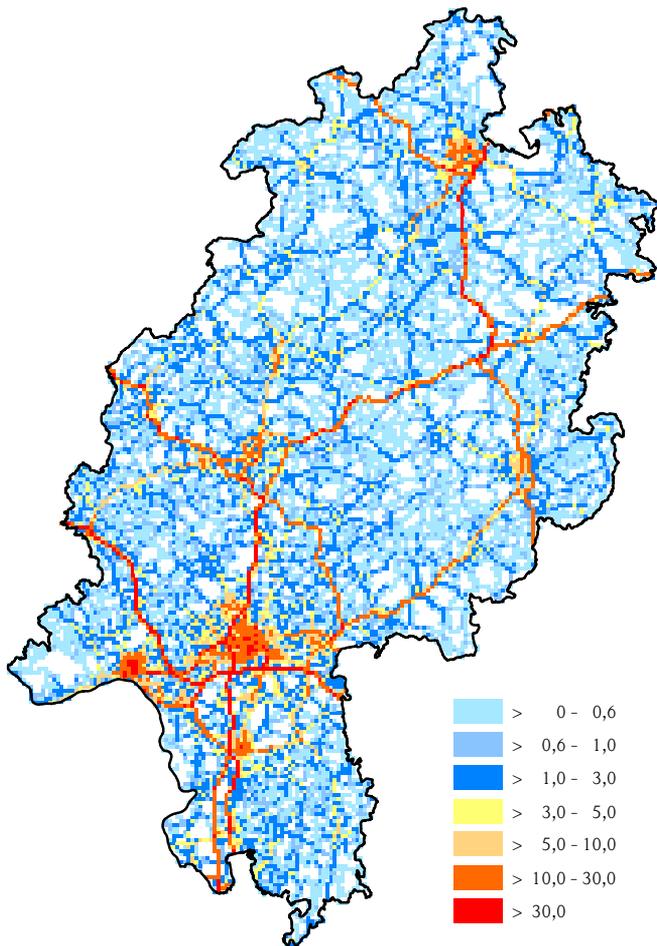


Abb. 2: Stickstoffdioxid-Emissionen des Kfz-Verkehrs 2010 (angegeben als  $\text{NO}_2$ ) in 1 km x 1 km-Rastern in  $\text{t} / (\text{km}^2 \times \text{Jahr})$

### Zeitliche Entwicklung

Im Bereich des Straßenverkehrs, der seit Jahrzehnten stetig zugenommen hat, ließ sich in den 1980er Jahren noch kein Emissionsrückgang feststellen; dieser setzte – anders als beispielsweise bei der Industrie oder Gebäudeheizung – erst mit Beginn der 1990er Jahre schrittweise ein. Inzwischen hat eine Reihe unterschiedlicher Maßnahmen zu einer deutlichen Reduzierung der durch den Kfz-Verkehr emittierten Schadstoffmengen geführt. Die Maßnahmen setzen auf mehreren Ebenen an: beim Motor, bei der Abgasreinigung sowie bei der Kraftstoffzusammensetzung. Die wichtigsten Änderungen sind im Folgenden aufgezählt:

- Verbesserung der Motortechnik
- Einführung des Katalysators (Emissionsverminderung von  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  und NMVOC)
- Verwendung von bleifreiem Benzin
- Senkung des Schwefelgehalts im Treibstoff

Es ist damit zu rechnen, dass in Zukunft die Emissionen der modernen Fahrzeugflotte wegen der unklaren Datenlage schwierig abzuschätzen sein wird.

## Emittentengruppe Biogene und nicht gefasste Quellen

### Erhebungsmethode

In der Emittentengruppe „Biogene und nicht gefasste Quellen“ werden im hessischen Emissionskataster die Emissionen aus der Landwirtschaft und die Emissionen der Wälder als biogene Quellen zusammengefasst. Den nicht gefassten Quellen werden die Emissionen von Deponien und für die Jahre 1992 und 2000 auch von Altablagerungen zugeordnet.

Die Datenermittlung der Deponieemissionen erfolgt jährlich über das Europäische Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR). Hierbei werden Emissionen ab einem bestimmten Schwellenwert erfasst.

Bei der Ermittlung der biogenen Emissionen werden statistische Daten, z. B. zum Viehbestand oder zu bestimmten Flächennutzungsarten, zugrunde gelegt. Unter Verwendung von komplexen, prozessspezifischen Emissionsfaktoren werden die entsprechenden Emissionen berechnet. Relevant sind insbesondere Emissionen aus Verdauungsprozessen in der Nutztierhaltung sowie Emissionen aus Böden (u. a. durch Wirtschafts- und Mineraldünger).

Die Emissionen aus der Landwirtschaft (nur 1992) sowie die NMVOC-Emissionen der hessischen Wälder wurden vom Institut für Pflanzenökologie der Universität Gießen erhoben. Ab dem Jahr 2000 wurden die landwirtschaftlichen Emissionen vom Johann Heinrich von Thünen-Institut (Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig) berechnet.

Die Emissionen wurden jeweils auf Kreisebene ermittelt.

In der folgenden Tabelle 8 sind die jeweils wichtigsten Herkunftsbereiche für die einzelnen Stoffe umrissen.

Tab. 8: Herkunftsbereiche der von den biogenen und nicht gefassten Quellen emittierten Stoffe

Stoff	Herkunftsbereich
Stickstoffmonoxid (NO)	landwirtschaftlich genutzte Böden, Mineral- und Wirtschaftsdüngeranwendung
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	Nutztierhaltung, Mineraldüngeranwendung
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	landwirtschaftlich genutzte Böden, Mineral- und Wirtschaftsdüngeranwendung
Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	Wald (Nadel- und Laubbäume), Nutztierhaltung
Methan (CH <sub>4</sub> )	Nutztierhaltung, Deponien
Feinstaub (PM <sub>10</sub> )	Bewirtschaftung von Ackerland, Nutztierhaltung

### Emittierte Stoffe

Im Bereich der biogenen und nicht gefassten Quellen werden Emissionen von anorganischen und organischen Gasen aus der Landwirtschaft, aus Wäldern und aus Deponien erfasst. In der Erhebung 2000 wurden auch die Feinstaub-Emissionen aus der Landwirtschaft erstmals einbezogen. In der Tabelle 9 werden die Emissionen der Jahrgänge 2000, 2006 und 2012 aufgeführt.

Tab. 9: Jahresemissionen der biogenen und nicht gefassten Quellen in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] <sup>2)</sup>		
	2000	2006	2012
<b>Anorganische Gase</b>			
Stickstoffmonoxid (NO) (als NO <sub>2</sub> )	5.038	4.086	5.182
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	24.160	22.356	20.304
Lachgas (N <sub>2</sub> O)	3.819	3.328	3.870
<b>Organische Gase</b>			
NMVOC <sup>1)</sup>	38.493	37.758	37.376
Methan (CH <sub>4</sub> )	176.280	56.201	47.975
<b>Stäube</b>			
Staub	1.779	1.722	1.669
davon Feinstaub PM <sub>10</sub>	1.263	1.246	1.279
<sup>1)</sup> flüchtige organische Verbindungen ohne Methan; Wert enthält einen geringen Methananteil <sup>2)</sup> Tonnen pro Jahr			

Die biogenen NMVOC-Emissionen werden zu 80 % durch die Wälder verursacht. Dabei emittieren Nadelbäume vornehmlich Terpene und Laubbäume insbesondere Isopren. Die restlichen 20 % stammen aus der Landwirtschaft.

### Zeitliche Entwicklung

In der Tabelle 9 fallen insbesondere die stark rückläufigen Methan-Emissionen auf. Die Hauptverursacher sind die Deponien/Altablagerungen und die Landwirtschaft. Die Methan-Freisetzung der Deponien sinkt aufgrund der Biomüllsammmlung und Deponiegaserfassung seit den 90er Jahren erheblich. Dazu kommt, dass seit 2005 die Ablagerung von biologisch abbaubaren Abfällen nicht mehr zulässig ist und dass die Methan-Produktion bei Altdeponien kontinuierlich abnimmt. Der Methan-Emissionsanteil der biogenen Quellen bei Deponien/Altablagerungen ist zwischen 2000 und 2012 von 64 % auf 12,5 % gesunken. Die Methan-Emissionen der Landwirtschaft nehmen zwischen 2000 und 2012 von ca. 49.400 t/a auf 42.000 t/a ab. Gründe für den Rückgang sind abnehmende Rinderbestände sowie die

zunehmende Verwertung der Gülle in Biogasanlagen und die vermehrt gasdichten Gärrestelager.

Bei Ammoniak setzt sich die Emissionsentwicklung aus gegenläufigen Effekten zusammen. Gründe für die Abnahmen der Emissionen sind die gesunkenen Rinder- und Schweinebestände in Hessen, sowie die Emissionsminderungsmaßnahmen wie emissionsärmere Lagerung des Wirtschaftsdüngers und die Ausbringung von Wirtschaftsdünger unter Berücksichtigung von äußeren Rahmenbedingungen wie Jahreszeit, Bodenfeuchtigkeit und Einarbeitung des Wirtschaftsdüngers in den Boden. Emissionssteigernd wirken sowohl die Zunahme der tierischen Leistungen als auch der erhöhte Harnstoff-Anteil des Mineraldüngers für die landwirtschaftlichen Böden. Insgesamt führen die Effekte zu einem Emissionsrückgang.

## Emittentengruppe Privater Verbrauch

### Erhebungsmethode

Im Rahmen der Emittentengruppe „Privater Verbrauch“ werden die Emissionen aus der Verwendung haushaltschemischer Produkte und synthetischer Betriebsstoffe in privaten Haushalten erfasst.

Bei den privaten Haushalten werden die Emissionen über die Verknüpfung der Einwohnerdaten mit personenbezogenen Verbrauchszahlen ermittelt, die über die Erzeugung und den Absatz emissionsrelevanter Produkte auf Bundesebene abgeleitet wurden. Über den Anteil an flüchtigen Bestandteilen emissionsrelevanter Produkte können schließlich die Emissionen aus dem Haushaltsbereich errechnet werden. Betrachtet werden dabei u. a. die folgenden Produkte bzw. Produktgruppen:

- Häusliche Anwendung von Farben und Lacken
- Haarsprays
- Duftstoffe und -wässer
- Möbel- und Bodenpflegemittel
- Körperpflegemittel
- Autopflegemittel

- Schuh- und Lederpflegemittel
- Wasch- und Reinigungsmittel
- Anwendung von Klebstoffen

Die erste Erhebung in Hessen zu den Emissionen der Emittentengruppe des „Privaten Verbrauchs“ wurde im Jahr 1995 durchgeführt, damals noch unter dem Titel „Privater Verbrauch und Handwerk“. Es hat sich aber gezeigt, dass eine Differenzierung der Emissionen zwischen dem Handwerk und dem Kleingewerbe aufgrund der zur Verfügung stehenden Datenlage schwierig und nicht immer eindeutig möglich ist. Die Emissionen aus dem handwerklichen Sektor sind zum großen Teil in der Emittentengruppe Kleingewerbe enthalten; nur sofern sie außerhalb von Betriebsstandorten bzw. Anlagen anfallen (z. B. im Malerhandwerk), sind sie der Emittentengruppe „Privater Verbrauch“ zugeordnet.

Die landesweiten Emissionsdaten für den Bereich „Privater Verbrauch (und Handwerk)“ liegen für das Jahr 1995 auf Stadt- und Gemeindeebene vor. Für 2005 wurden die Emissionen des privaten Verbrauchs lediglich für das gesamte Land Hessen abgeschätzt.

### Emittierte Stoffe

Die Stoffe, die von der Emittentengruppe „Privater Verbrauch“ bei der Verwendung der im Rahmen der Erhebungsmethode genannten Produkte freigesetzt werden, sind in erster Linie flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC). Deshalb umfasst das Teilkataster dieser Emittentengruppe nur die organischen Gase (siehe Tabelle 10).

Tab. 10: Jahresemissionen der Emittentengruppe „Privater Verbrauch“ in Hessen

Energieträger	Emission [t/a] <sup>2)</sup>	
	1995	2005
<b>Organische Gase</b>		
NMVOC <sup>1)</sup>	18.612	13.213
<sup>1)</sup> flüchtige organische Verbindungen ohne Methan <sup>2)</sup> Tonnen pro Jahr		

## Zeitliche Entwicklung

Auch wenn der für 2005 erhobene Emissionswert eher als Schätzwert aufzufassen ist, ist der zwischen den beiden Erhebungsjahren sichtbare Emissionsrückgang durchaus realistisch. Aufgrund der zunehmenden Verwendung von z. B. lösemittelärmeren Lacken, Farben und Klebstoffen werden inzwischen weniger organische Gase freigesetzt.

## Alle Emittentengruppen

Beispiele einer stoffbezogenen Betrachtungsweise sind mit Abbildung 1 und 3 gegeben: Aus der PM<sub>10</sub>-Karte in Abbildung 1 (Seite 1) geht hervor, dass die Emissionsrelevanz der einzelnen Emittentengruppen auch regional sehr unterschiedlich ist. In der Abbildung 3 wird für ausgewählte Stoffe dargestellt, wie sich die Emissionsmengen auf die einzelnen Emittenten verteilen. Dabei wird deutlich,

dass stoffbezogen die verschiedenen Emittentengruppen im unterschiedlichen Maß für die Emissionen verantwortlich sind.

Lufthygienisch besonders problematisch sind die PM<sub>10</sub>- und NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (siehe hierzu die Lufthygienischen Jahresberichte für Hessen [www.hlnug.de/themen/luft/messnetzberichte](http://www.hlnug.de/themen/luft/messnetzberichte)).

Bei PM<sub>10</sub> ist der Kfz-Verkehr für 46 % der Emissionen verantwortlich. Auf die Gebäudeheizung fallen 24 % und die biogenen und nicht gefassten Quellen 16 %. Die Industrie hat einen Anteil von 12 %. Bei Stickstoffdioxid werden 63 % der hessischen Emissionen vom Kfz-Verkehr freigesetzt. Danach folgt die Industrie mit 16 % (dabei stammen 45 % von Großfeuerungsanlagen) und die Gebäudeheizung mit 10 %.

In Tabelle 11 sind die Emissionen aller Emittentengruppen aus dem jeweils letzten Erhebungsjahr zusammengestellt.

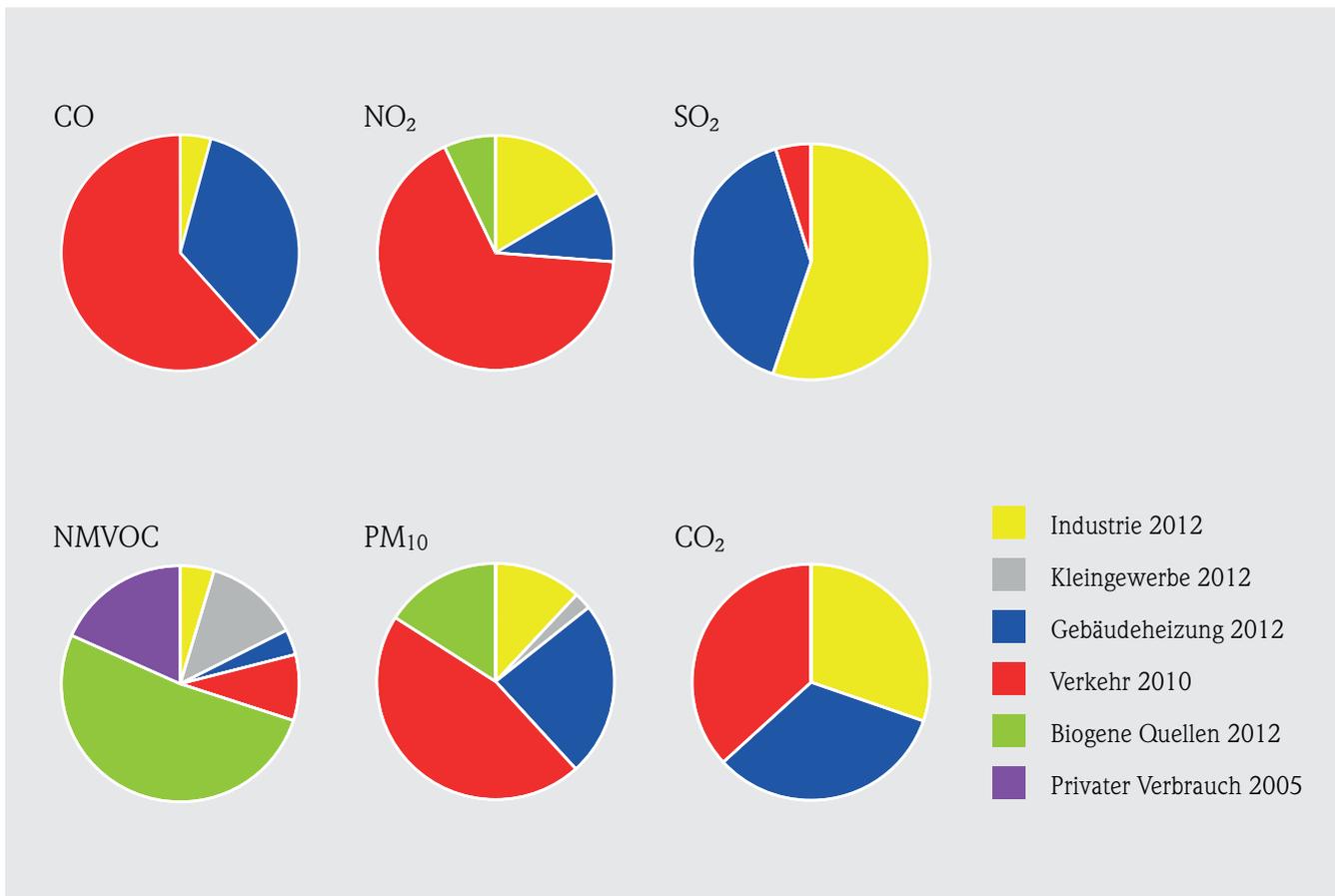


Abb. 3: Anteile der Emittentengruppen pro Schadstoff

Tab. 11: Emissionen ausgewählter Schadstoffe nach Emittentengruppen

	Kohlenmonoxid (CO)	Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )	Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	Lachgas (N <sub>2</sub> O)	NMVOC <sup>2)</sup>	Methan (CH <sub>4</sub> )	Feinstaub PM <sub>10</sub>	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )
	[t/a] <sup>3)</sup>	[t/a] <sup>3)</sup>	[t/a] <sup>3)</sup>	[t/a] <sup>3)</sup>	[t/a] <sup>3)</sup>	[t/a] <sup>3)</sup>	[t/a] <sup>3)</sup>	[t/a] <sup>3)</sup>	[kt/a] <sup>3)</sup>
Industrie 2012	6.888	11.991	2.649	52	251	3.332	715	957	12.263
Kleingewerbe 2012	-	-	-	-	-	9.337	-	188	-
Gebäudeheizung 2012	56.648	7.136	1.921	-	107	2.520	1.976	1.930	13.291
Kfz-Verkehr 2010	101.850	46.211	70	1.668	309	5.919	359	3.672	13.991
Flugverkehr 2010 <sup>1)</sup>	-	2.423	160	-	-	595	-	11	896
Biogene und nicht gefasste Quellen 2012	-	5.182	-	20.304	3.870	37.376	47.975	1.279	-
Privater Verbrauch 2005	-	-	-	-	-	13.213	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>165.380</b>	<b>72.943</b>	<b>4.801</b>	<b>22.024</b>	<b>4.537</b>	<b>72.292</b>	<b>51.026</b>	<b>8.037</b>	<b>40.440</b>

<sup>1)</sup> Daten der Fraport AG, verkürzte Umwelterklärung 2013, Frankfurt 2013, Emissionen bis 300 m über Grund, Kohlendioxid bis 914 m

<sup>2)</sup> flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

<sup>3)</sup> Tonnen pro Jahr (bei CO<sub>2</sub> in Kilotonnen pro Jahr)

## Impressum

Herausgeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz,  
Umwelt und Geologie  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden  
Telefon: (0611) 6939-0 Fax: (0611) 6939-555

Bearbeitung: Dagmar Cornelius, Hans Ruppert, Stefanie Stifter

Layout: Nadine Senkpiel

Kartengrundlage: ALK®; © Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG)

Stand: Mai 2017