

Emissionskataster Hessen – Luft

Einführung

Die rechtliche Grundlage für die Aufstellung der Emissionskataster ist der § 46 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). 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 nach der Immissionsschutz-Zuständigkeitsverordnung (ImSchZuV) vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) aufgestellt. Es umfasst alle innerhalb Hessens erhobenen Emissionsmengen gas- und staubförmiger Luftverunreinigungen und ist nach folgenden Emittentengruppen aufgeschlüsselt:

- Industrie (genehmigungsbedürftige Anlagen)
- Kleingewerbe (sonstige nicht genehmigungsbedürftige Anlagen)
- Gebäudeheizung (nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen)
- 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 z. B. eine notwendige Voraussetzung für eine nachhaltige Luftreinhalteplanung dar. Mit seiner Hilfe kann bei der Überschreitung von

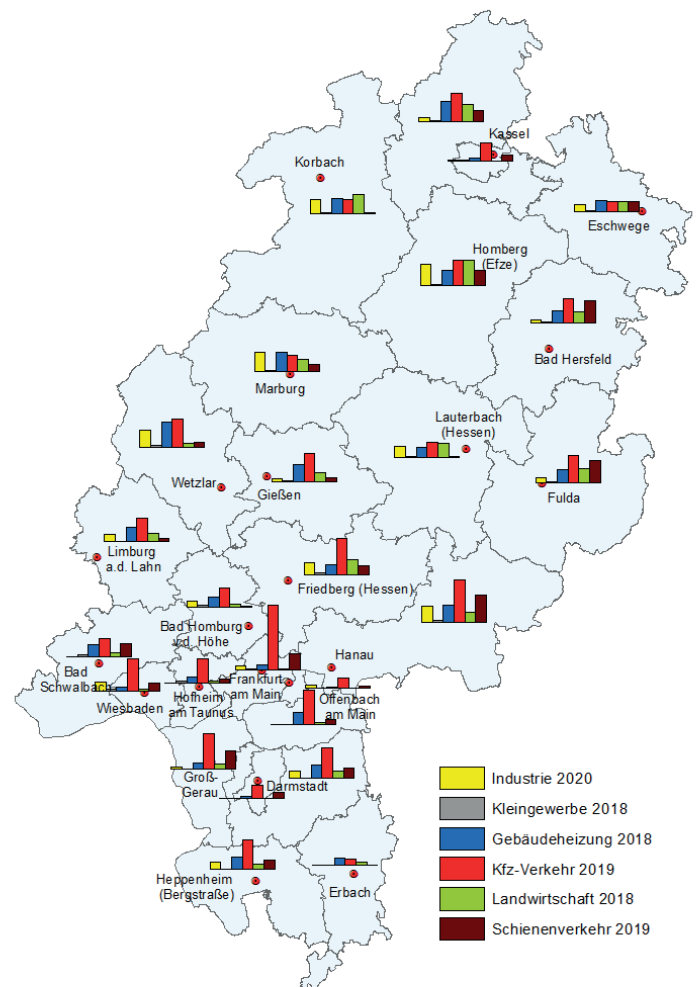


Abb. 1: PM₁₀-Emissionen ausgewählter Emittentengruppen auf Kreisebene in Tonnen pro Jahr

Immissionswerten der Verursacheranteil der einzelnen Emittenten ermittelt und in Maßnahmenplänen berücksichtigt werden. Als Beispiel für eine regionale Emissionsbetrachtung werden in der Abbildung 1 PM₁₀-Emissionen landkreisbezogen 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 waren dies die vier besonders belasteten Regionen Untermain, Rhein-Main, Wetzlar und Kassel.

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 im Laufe der Jahre u.a. um die klimarelevanten Gase Kohlendioxid, Methan und Lachgas sowie um Feinstaub (PM₁₀) erweitert

Seit 1990 wurden die in Abbildung 2 dargestellten Teilkataster landesweit erhoben.

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. Alle Emissionsdaten der sechs Emittentengruppen sind über den Online-Service Emissionskataster Hessen öffentlich zugänglich (<https://emissionskataster.hlnug.de/>). Hier werden die Emissionen sowohl tabellarisch als auch in Form von Karten dargestellt und können bei Bedarf auch heruntergeladen werden z. B. als EXCEL-Datei. Die Emissionsdaten können auch über das HLNUG direkt angefordert werden.

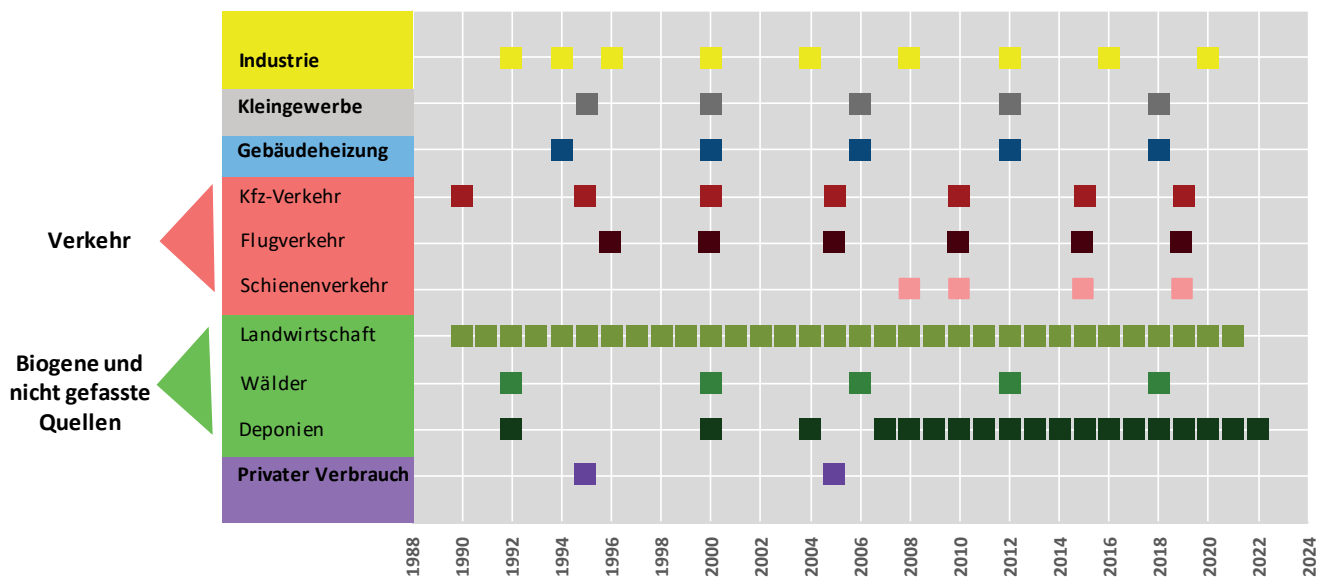


Abb. 2: Verfügbare Jahrgänge der Emittentengruppen im Hessischen Emissionskataster

Industrie

In der Emittentengruppe Industrie werden Emissionen von Anlagen erfasst, die nach der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) genehmigungsbedürftig sind und deren Betreiber nach der Verordnung über Emissionserklärungen (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 2020 wurden hessenweit von 921 Betriebsstätten Emissionserklärungen für 1 252 Anlagen abgegeben.

Erhebungsmethode

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 einschließlich Verarbeitung
- Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralölraffination 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

Emittierte Stoffe

In der folgenden Tabelle 1 sind die für 2004, 2012 und 2020 erhobenen Jahresemissionen für die Industrie aufgeführt. Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Jahresemissionen über den Zeitraum 1992 bis 2020.

Tab. 1: Jahresemissionen der Industrie in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] (CO ₂ : [kt/a]) ³⁾		
	2004	2012	2020
Anorganische Gase			
Kohlendioxid (CO ₂)	14 013	12 263	10 809
Kohlenmonoxid (CO)	10 318	6 888,3	4 092,9
Stickstoffoxide (als NO ₂)	15 485	11 991	9 464
Schwefeldioxid (SO ₂)	3 808,1	2 649,5	1 437,3
Ammoniak (NH ₃) ¹⁾	86,1	51,7	58,2
Lachgas (N ₂ O)	381,9	207,57	198,35
weitere Gase	451,1	407,98	445,34
Organische Gase			
NM VOC ²⁾	4 474,3	3 333,1	2 235,9
Methan (CH ₄) ¹⁾	382,02	715,05	1 397,4
Stäube			
Staub	2 669,8	1 895,9	1 974,5
davon Feinstaub PM ₁₀	1 549,6	930,86	880,6
¹⁾ Emissionen aus Massentierhaltung sind aufgrund von Doppelnennungen in den biogenen und nicht gefassten Quellen nicht im Teilkataster Industrie aufgeführt			
²⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan; Wert enthält einen geringen Methananteil			
³⁾ Tonnen pro Jahr (bei CO ₂ in Kilotonnen pro Jahr)			

Das Emissionskataster Industrie 2020 enthält 400 von den Betrieben emittierte Stoffe bzw. Stoffgruppen. Von diesen 400 Stoffen sind ca. 55 % den organischen Gasen, ca. 13,5 % den Stäuben und ca. 31,5 % den anorganischen Gasen zuzuordnen.

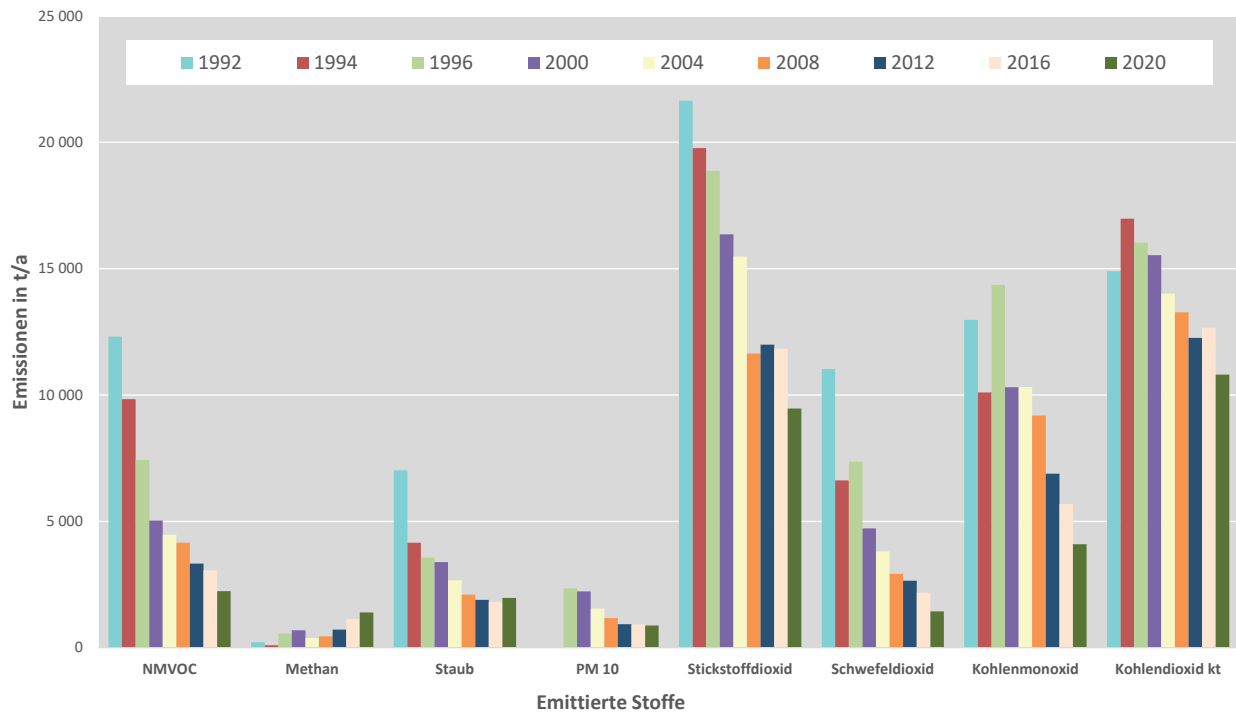


Abb. 3: Entwicklung von Jahresemissionen der Industrie in Hessen

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-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (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)
- EU-BVT-Schlussfolgerungen (Best verfügbare Techniken), die als Ergänzung der TA Luft als weitere allgemeine Verwaltungsvorschriften umgesetzt werden

Wie in Tabelle 1 zu sehen ist, haben die Jahresemissionen von Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Staub bzw. PM₁₀, NMVOC und Stickstoffdioxid seit 2004 weiter zum Teil deutlich abgenommen. Allerdings stagnieren die Stickstoffdioxid-Emissionen zwischen 2008 und 2016. Die Methan-Emissionen steigen seit 2004 kontinuierlich an. Bei dem Jahrgang 2020 sind teilweise deutlich die Auswirkungen des Corona-Lockdowns zu sehen. Gegenüber 2016 sind die Emissionen von Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, flüchtigen organischen Verbindungen (ohne Methan), Stickstoffdioxid sowie von Kohlendioxid auf 66 bis 85 % gesunken. Lediglich die Emissionen von Gesamtstaub sind gestiegen, währenddessen Feinstaubemissionen (PM₁₀) stagnieren.

Großfeuerungsanlagen

Die Großfeuerungsanlagen (Feuerungswärmeleistung über 50 Megawatt) haben bereits seit den 1980er Jahren einen besonderen Stellenwert bei der Betrachtung der Emissionen.

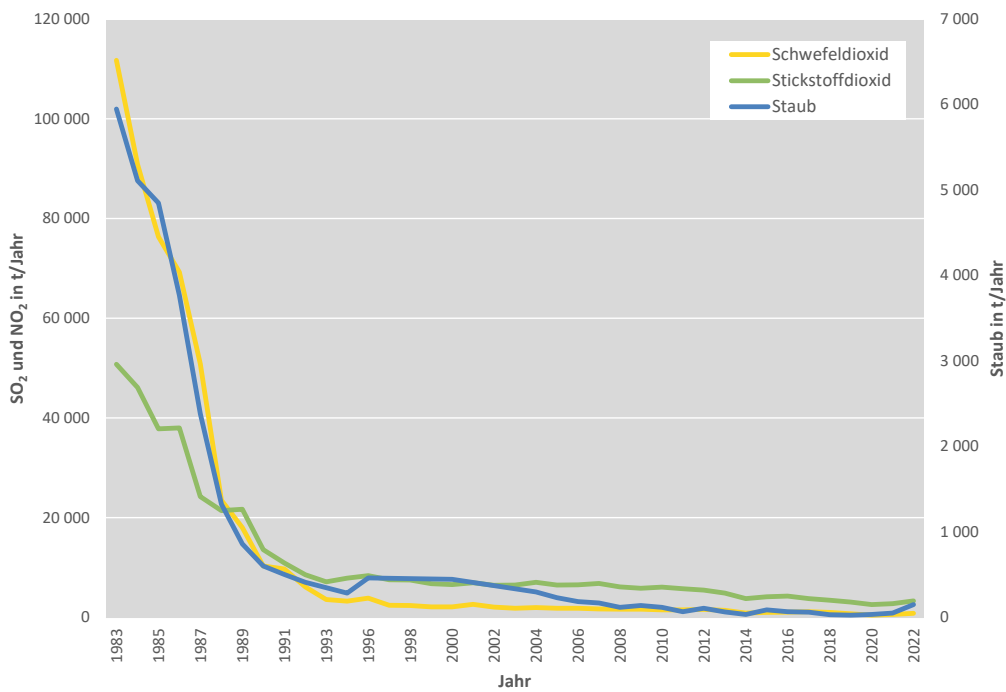


Abb. 4: Jährliche Emissionen von Großfeuerungsanlagen zwischen 1983 bis 2022 (Werte für Staub sind zwischen 1992 und 2004 teilweise interpoliert)

Mit der Einführung der Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (13. BImSchV) im Jahr 1983 wurden erstmals Grenzwerte für staubförmige Emissionen, Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide, Schwefeloxide und Halogenverbindungen festgesetzt. Diese Grenzwerte mussten fünf Jahre später eingehalten werden.

Um die Grenzwerte der 13. BImSchV einhalten zu können, wurden durch die Betreiber verschiedene Maßnahmen getroffen:

- Errichten von Rauchgasentschwefelungsanlagen zur Minderung von Schwefeldioxid
- Errichten von Entstickungsanlagen zur Minderung von Stickstoffdioxid

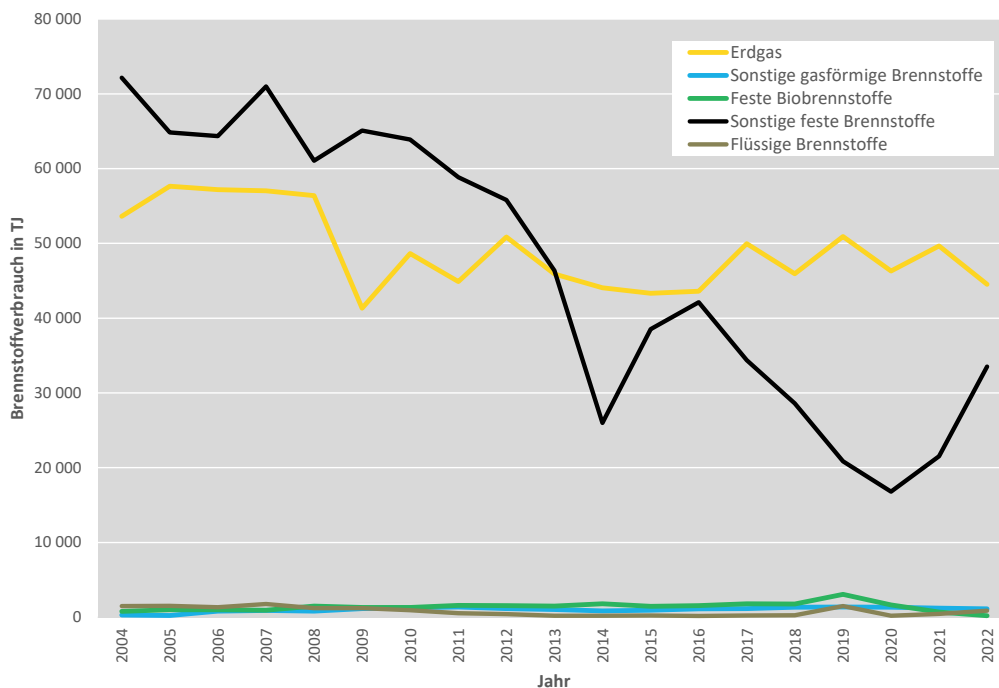


Abb. 5: Brennstoffe der Großfeuerungsanlagen zwischen 2004 und 2022

- Einsetzen von Staubfiltern zur Reduzierung von Staub-Emissionen
- Verwendung von Alternativbrennstoffen wie Erdgas statt Kohle
- Optimierung der Verbrennungsvorgänge

Durch die Einführung der verschärften Emissionsgrenzwerte sind die Emissionen der Großfeuerungsanlagen insbesondere in den 1980er Jahren massiv gesunken. Dieser Trend hält aufgrund weiterer Grenzwertverschärfungen in kleinerem Rahmen weiter an (Abbildung 4).

Seit 1983 werden jährliche Emissionsdaten für Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid sowie Staub (Ausnahme Staub: zwischen 1992 und 2004 nicht im jährlichen Rhythmus) durch die Betreiber der Großfeuerungsanlagen an die zuständigen Behörden berichtet.

In der Vergangenheit wurde mehr Kohle als Gas verfeuert. Nach 2013 war der Verbrauch von Erdgas höher als Kohle. Andere Brennstoffe spielen keine wesentliche Rolle (Abbildung 5).

Kleingewerbe

Die Emittentengruppe Kleingewerbe umfasst nach Bundes-Immissionsschutzgesetz die nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen. Eine Ausnahme hiervon bilden kleine und mittlere Feuerungsanlagen. Sie werden als eigene Emittentengruppe geführt (Gebäudeheizung). Emissionen aus dem handwerklichen Sektor, die außerhalb von Betriebsstandorten bzw. Anlagen entstehen (z. B. im Malerhandwerk, Baugewerbe), sind der Emittentengruppe Privater Verbrauch zugeordnet.

Erhebungsmethode

Die Emissionserhebung wird auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte alle sechs Jahre durchgeführt.

Dabei werden die Schadstoffe Staub und NMVOC (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) von folgenden Branchen betrachtet:

- Tankstellen
- Tanklager
- Druckereien
- Lackierereien
- chemische Reinigungen
- Metallbe- und -verarbeitung
- Holzbe- und -verarbeitung
- elektrotechnische Betriebe
- Chemiebetriebe
- Binnenhäfen
- Steinbrüche

Für das aktuellste Jahr (2018) wurden die Emissionen mithilfe eines betriebsbezogenen Ansatzes abgeschätzt. In die Berechnung gehen pro Branche die Anzahl der Betriebe sowie ein branchenspezifischer Emissionsfaktor ein.

In den vorherigen Erhebungen wurden andere Methoden angewendet. Detaillierte Informationen zu Erhebungsmethoden im Kleingewerbe stehen im Ergebnisbericht für das Erhebungsjahr 2018 auf der Webseite des HLNUG zur Verfügung.

Emittierte Stoffe

Tabelle 2 zeigt die Jahresemissionen des Teilkatalters Kleingewerbe der Bezugsjahre 2006, 2012 und 2018. Die Entwicklung der Jahresemissionen ab 1995 sind in Abbildung 6 dargestellt.

Tab. 2: Jahresemissionen des Kleingewerbes in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] ²⁾		
	2006	2012	2018
Organische Gase			
NMVOC ¹⁾	9 596	9 337	8 144
Stäube			
Staub	198	188	201
davon Feinstaub PM ₁₀	120	114	123
¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan			
²⁾ Tonnen pro Jahr			

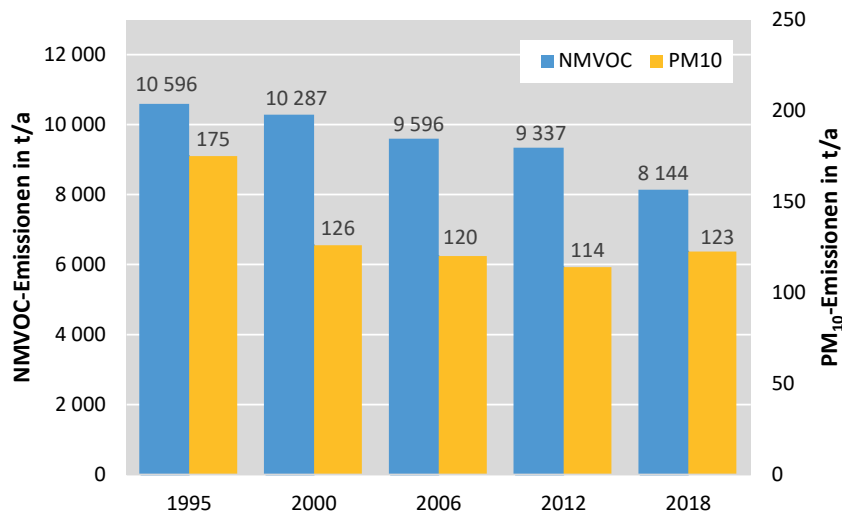


Abb. 6: Jahresemissionen des Kleingewerbes in Hessen zwischen 1995 und 2018

Die Herstellung und Anwendung von Lösemitteln bzw. lösemittelhaltigen Stoffen verursachte 2018 etwa 80 % der NMVOC-Emissionen im Kleingewerbe. Hauptsächlichste Emittenten sind hierbei Lackierereien (29 %), Druckereien (13 %), Metallbe- und -verarbeitung (12 %) sowie Kunststoffbe- und -verarbeitung (12 %). Etwa 20 % entfallen auf die Bereiche der Kraftstoffumfüllung und -verteilung (Tankstellen, Tanklager).

Die Staubemissionen 2018 im Kleingewerbe stammen zu 84 % aus der Holzbe- und -verarbeitung, 15 % entfallen auf Steinbrüche sowie 1 % auf Binnenhäfen.

Zeitliche Entwicklung

In den letzten Jahrzehnten sind die NMVOC-Emissionen des Kleingewerbes gesunken. Gründe dafür sind schärfere Anforderungen an chemische Reinigungen, Oberflächenbehandlungsanlagen sowie an das Umfüllen und Lagern von Otto-Kraftstoffen bzw. das Betanken von Kraftfahrzeugen.

Staubemissionen werden über die Jahre größtenteils von Holzbe- und -verarbeitenden Betrieben verursacht. Im Vergleich 2000 sind die Emissionen dort in 2018 um 3,7 % gestiegen, liegen im Vergleich zu 1995 aber um 2,6 % niedriger. Die Staubemissionen der Steinbrüche sind kontinuierlich gesunken. Die Reduktion beträgt 27,9 % von 2000 zu 2018. Insgesamt haben sich die Staub-Emissionen (PM₁₀) seit 1995 um 29,7 % reduziert.

Gebäudeheizung

Die Emittentengruppe Gebäudeheizung umfasst alle Feuerungsanlagen, die nach Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) nicht genehmigungsbedürftig sind. Sie dienen überwiegend der Heizung und Warmwasserbereitung in privaten und öffentlichen Gebäuden, aber auch im gewerblichen Bereich.

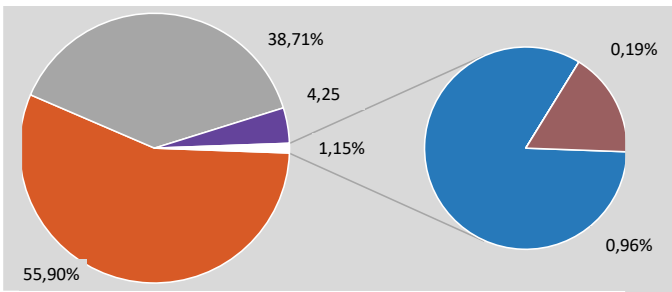
Erhebungsmethode

Die Erhebungsmethode für die Emittentengruppe Gebäudeheizung variiert in den Erhebungsjahren. Im Folgenden wird das Vorgehen für das aktuellste Jahr (2018) skizziert. Eine ausführliche Darstellung der Erhebungsmethode steht im entsprechenden Abschlussbericht, der auf der HLNUG-Webseite zu finden ist, zur Verfügung.

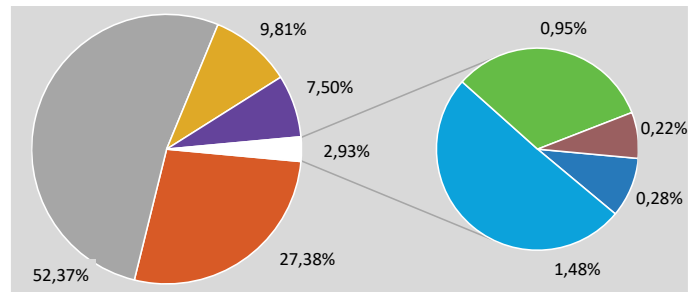
Im ersten Schritt wurde der Endenergieeinsatz der betreffenden Feuerungsanlagen in Hessen berechnet. Hierfür wurden Daten der Schornsteinfegerinnen zur Anlagenstruktur und weitere Literaturdaten (beispielsweise zu den typischen Volllaststunden einer Anlage) verwendet. Dabei wurde nach Energieträgern differenziert.

Abbildung 7 zeigt den Endenergieeinsatz für die Jahre 1994 bis 2018 als Tabelle sowie die Anteile der einzelnen Energieträger am Endenergieeinsatz für die Bezugsjahre 1994 und 2018 als Kreisdiagramme.

1994



2018



■ Kohle ■ Mineralöl ■ Gase ■ Fernwärme ■ Holz ■ Geothermie ■ Solarthermie ■ sonstige Erneuerbare

Jahr	Kohle	Mineralöle	Gase	Holz ¹⁾	Geothermie ¹⁾	Solarthermie ¹⁾	Fernwärme ¹⁾	sonstige Erneuerbare ¹⁾	Summe
in a	in Terajoule pro a								
1994	2 544	148 764	103 014	-	-	-	11 305	513	266 140
2000	1 010	103 769	122 089	-	-	-	14 392	13 215	254 475
2006	841	99 047	135 417	15 565	343	519	16 810	131	268 674
2012	875	71 567	110 186	21 921	1 814	1 620	14 696	384	223 064
2018	601	58 511	111 915	20 973	3 165	2 034	16 024	461	213 684

Daten des Hessischen Statistischen Landesamtes (HSL), Berechnungsstand März 2023

¹⁾ eine differenzierte Erhebung der Erneuerbaren steht erst seit 2003 zur Verfügung; vor 2003 sind die Erneuerbaren unter "Fernwärme" und "sonstige Erneuerbare"

Abb. 7: Anteile der Energieträger am Endenergieeinsatz für 1994 und 2018 (oben) und Endenergieeinsatz der Energieträger von 1994 bis 2018

In einem zweiten Schritt wurde der Heizwärmebedarf bzw. daraus resultierend der Endenergieeinsatz der einzelnen Gemeinden ermittelt. In die Berechnungen gingen eine Reihe statistischer Daten zum Gebäudebestand ein, z. B. Größe, Alter und Typ sowie die Beheizungsart. Auch Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes wurden berücksichtigt. Für beheizte nicht-Wohngebäude wurde der Endenergieeinsatz abgeschätzt.

In einem dritten Arbeitsschritt wurden die Emissionen, die durch den Einsatz der Brennstoffe Heizöl, Erdgas, Kohle und Holz in Feuerungsanlagen entstehen, aus dem Endenergieeinsatz mittels energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren errechnet.

Die landesweiten Emissionsdaten für die Gebäudeheizung liegen aufgeschlüsselt nach Gemeinden und in einem 1 km x 1 km Raster vor.

Emittierte Stoffe

Die Ergebnisse für die Bezugsjahre 2000, 2012 sowie 2018 sind in Tabelle 3 aufgeführt. Der Emissionswert für Stäube setzt sich zusammen aus den emittierten Mengen an Staub, staubförmigen organischen Komponenten (abhängig vom Erhebungsjahr) und Schwermetallen.

Tab. 3: Jahresemissionen der Gebäudeheizung in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] (CO ₂ : [kt/a]) ²⁾		
	2000	2012	2018
Anorganische Gase			
Kohlendioxid (CO ₂)	18 450	13 291	12 511
Kohlenmonoxid (CO)	52 669	56 648	31 290
Stickstoffoxide (als NO ₂)	12 523	7 136,1	6 380,9
Schwefeldioxid (SO ₂)	10 483	1 920,8	351,96
Lachgas (N ₂ O)	143,14	107,2	90,6
gasförmige Fluor- und Chlorverbindungen	38,1	20,3	25,5
Organische Gase			
NMVOG ¹⁾	4 299,2	2 519,9	2 510,2
Methan (CH ₄)	1 408,2	1 976	1 975,7
Stäube			
Staub	1 150,8	1 987,4	1 463,4
davon Feinstaub PM ₁₀	1 078,9	1 929,8	1 423,3

¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

²⁾ Tonnen pro Jahr (bei CO₂ 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 zu nennen:

- Modernisierung von Heizanlagen
- Energiesparmaßnahmen wie Wärmedämmung
- besserer energetischer Stand bei Neubauten
- Umstellung von Festbrennstoffen auf Gas oder Öl, Einsatz erneuerbarer Energien

Die Staub-Emissionen haben sich weniger einheitlich entwickelt. So gingen die Emissionen von 1994 bis 2006 zunächst zurück, sind in 2012 gestiegen und bis 2018 wieder gesunken. Zu erklären ist dies z. B. mit der Abnahme von Kohlefeuerungen sowie der Zunahme von Holzfeuerungen. Dazu muss gesagt werden, dass sich rückblickend gezeigt hat, dass die Staubemissionen 1994 und 2000 tendenziell über- und 2006 unterschätzt wurden. Für 2018 ergibt sich im Vergleich zu 2012 eine Reduktion von 26 %, die erhebungsbedingt ist (Reduktion des PM₁₀-Emissionsfaktors von Stückholz).

Verkehr

Die Emittentengruppe Verkehr betrifft die Bereiche Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Flugverkehr. Nachfolgend werden diese Gebiete (Schiffsverkehr und off-Road-Verkehr ausgenommen) betrachtet.

Kfz-Verkehr

Erhebungsmethode

Die Ermittlung der Kraftfahrzeug-Emissionen erfolgt nicht anlagenbezogen (pro Fahrzeug), sondern streckenbezogen. Als Datengrundlage dient das vollständige Straßennetz Hessens. 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 für das Erhebungsjahr 2019 stammen aus einem Verkehrsmodell, das von Hessen Mobil zur Verfügung gestellt wurde und auch für die Umgebungslärmkartierung 2022 verwendet wurde. 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 Jahresemissionen für die Bezugsjahre 2010, 2015 sowie 2019 sind in der Tabelle 4 aufgeführt. Die Berechnungen für das Erhebungsjahr 2019 erfolgten mit den zum Zeitpunkt der letzten Fortschreibung

Tab. 4: Jahresemissionen des Kfz-Verkehrs in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] (CO ₂ : [kt/a]) ²⁾		
	2010	2015	2019
Anorganische Gase			
Kohlendioxid (CO ₂)	14 373	14 480	14 647
Kohlenmonoxid (CO)	99 669	80 617	85 269
Stickstoffoxide (als NO ₂)	50 735	44 717	38 942
Schwefeldioxid (SO ₂)	70,9	70,4	73,1
Ammoniak (NH ₃)	1 675	1 426,1	1 034,9
Lachgas (N ₂ O)	310,09	366,02	485,57
Organische Gase			
NMVOG ¹⁾	5 558,3	5 231,1	4 940,5
Methan (CH ₄)	337,41	337,27	643,64
Stäube			
Feinstaub PM ₁₀	3 714,6	3 174	3 184,8
Feinstaub PM _{2,5}	2 184	1 593,8	1 421,4

¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

²⁾ Tonnen pro Jahr (bei CO₂ in Kilotonnen pro Jahr)

aktuellen Emissionsfaktoren (Quelle: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2 /Feb. 2022, UBA Berlin), die früheren Jahrgänge wurden mit der Vorgängerversion 3.3 / Apr. 2017 berechnet.

Der NMVOC-Emissionswert stellt einen Summenwert dar, der (bis auf Einzelangaben zu Benzol, Toluol und Xylol) stofflich nicht weiter aufgeschlüsselt ist.

Der Parameter NMVOC setzt sich aus den Emissionen des fließenden und des ruhenden Verkehrs zusammen. Der Anteil an Verdunstungs- und Tankatmungsemissionen am NMVOC-Emissionswert nimmt in den Jahren 1995 bis 2015 kontinuierlich von 15 % bis 4 % ab, mit den neuen, in einer geänderten Systematik erstellten Emissionsfaktoren erhöht sich dieser Anteil für das Jahr 2019 auf etwa 16 %.

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 Abbildung 8 zeigt sich, dass der nicht motorbedingte Emissionsanteil am Feinstaub stetig ansteigt, und zwar von 36 % im Jahr 1995 auf nunmehr 84 % im Jahr 2019.

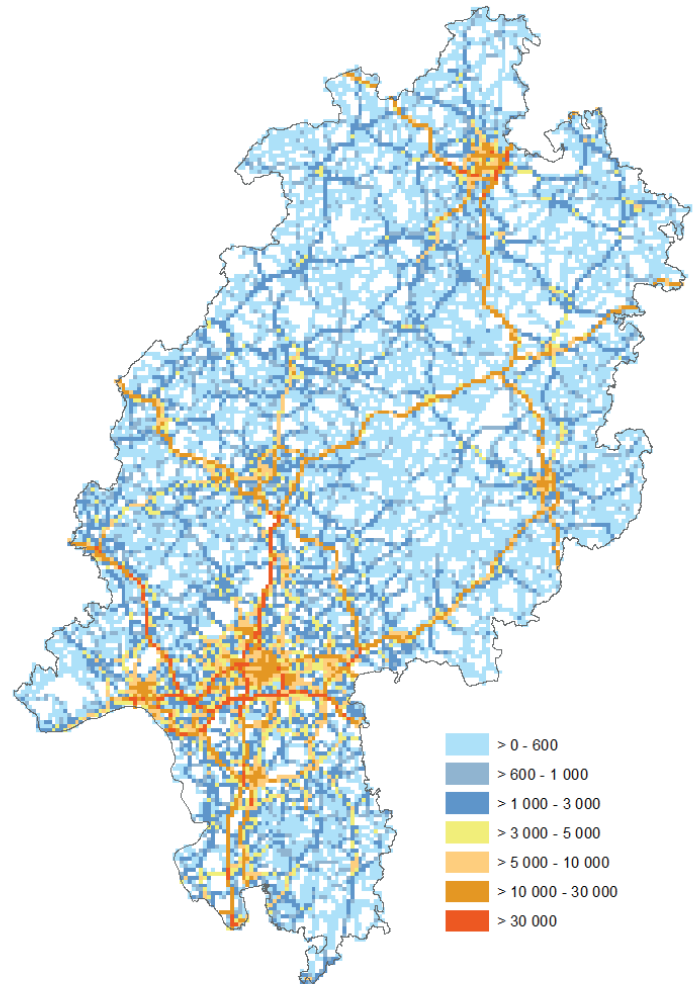


Abb. 9: Stickstoffoxid-Emissionen des Kfz-Verkehrs 2019 (angegeben als NO₂) in 1 km x 1 km-Raster in kg / (km² x Jahr)

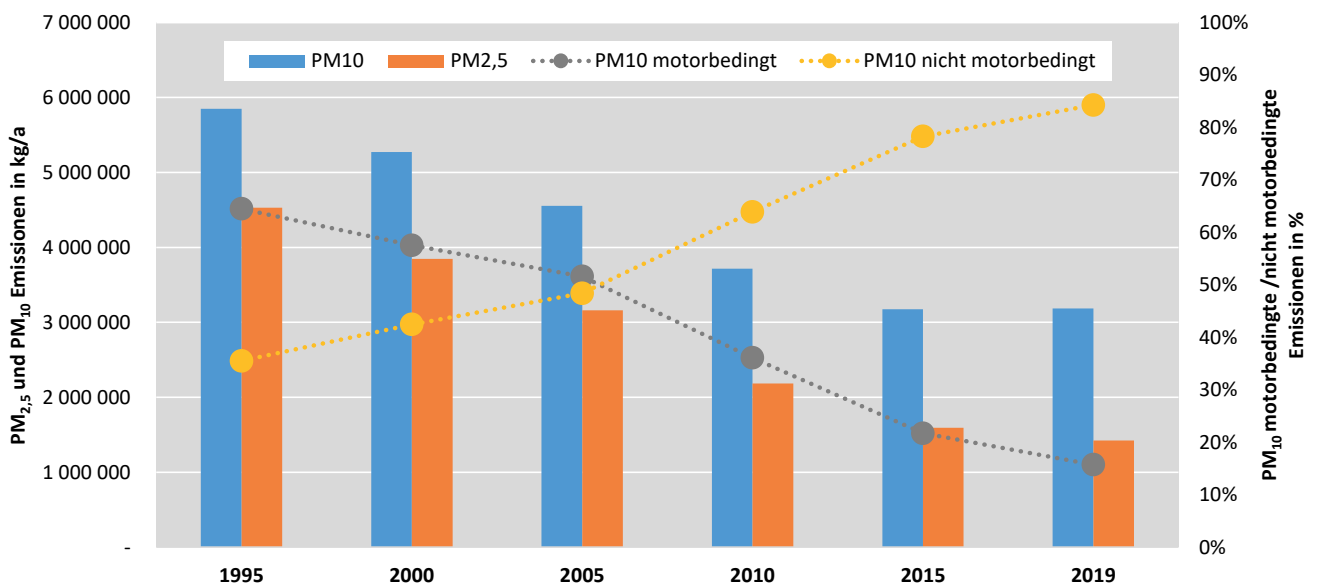


Abb. 8: PM_{2,5}- und PM₁₀-Emissionen des Kfz-Verkehrs in Hessen sowie Anteil der motorbedingten und der nicht motorbedingten PM₁₀-Emissionen

Die Karte (Abbildung 9) zeigt die Stickstoffoxid-Jahresemissionen des Kfz-Verkehrs für das Jahr 2019 auf Rasterebene. Auf ihr sind insbesondere die Hauptverkehrswege sowie die dicht besiedelten Gebiete gut erkennbar.

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. Die wichtigsten Änderungen sind im Folgenden aufgezählt:

- Verbesserung der Motortechnik
- Einführung des Katalysators (Emissionsverminderung von CO, NO_x und NMVOC)
- Verwendung von bleifreiem Benzin
- Senkung des Schwefelgehalts im Treibstoff
- Alternative Antriebe: Elektromobilität, Gas

Durch neue verbesserte Technologien und stetiger Zunahme von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb innerhalb der Fahrzeugflotte ist zu erwarten, dass sich der Trend der sinkenden motorbedingten Emissionen fortsetzen wird.

Flugverkehr

Erhebungsmethode

Die Emissionen zum Flugverkehr werden durch die Fraport AG Frankfurt ermittelt und in einer Umwelt-erklärung der Bevölkerung bereitgestellt. Die durch den Flugverkehr verursachten Emissionen werden dabei jahresweise mittels eines Rechenmodells bestimmt. Emissionen der verschiedenen Luftschadstoffe beziehen sich hierbei auf Daten bis 300 m über Grund bzw. für Kohlendioxid bis 914 m über Grund.

Emittierte Stoffe

Tabelle 5 zeigt die Jahresemissionen des Flugverkehrs in Hessen aus den Jahren 2010, 2015 sowie 2019 (nur Frankfurter Flughafen).

Tab. 5: Jahresemissionen des Flugverkehrs in Hessen (nur Frankfurter Flughafen)

Komponenten	Emission [t/a] (CO ₂ : [kt/a]) ²⁾		
	2010	2015	2019 ³⁾
Anorganische Gase			
Kohlendioxid (CO ₂)	908,5	956,8	1 022,1
Stickstoffoxide (als NO ₂)	2 407,3	2 535,2	2 771,2
Schwefeldioxid (SO ₂)	157,13	169,02	181,52
Organische Gase			
NMVOC ¹⁾	452,47	419,69	416,84
Stäube			
PM ₁₀	24	23,9	25,6

Daten der Fraport AG, Stand: 26.05.23; Emissionen bis 300 m über Grund, Kohlendioxid bis 914 m

¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

²⁾ Tonnen pro Jahr (bei CO₂ in Kilotonnen pro Jahr)

³⁾ Zahlen enthalten ab 2019 neben den Emissionen aus dem Landing- and-Take-off-Zyklus, den Hilfstriebwerken und der Triebwerkszündung auch Emissionen aus Zusatzschub und Triebwerksprobeläufen.

Zeitliche Entwicklung

In Abbildung 10 wird die zeitliche Entwicklung der Emissionen zwischen 2005 und 2022 prozentual dargestellt. Bezugspunkt ist das Jahr 2005. Zwischen 2005 und 2019 ergeben sich für NMVOC Minderungen. Für die PM₁₀-Emissionen ist kein eindeutiger Trend zu erkennen. SO₂ und CO₂ hingegen zeigen einen ansteigenden Trend. Ein zu benennender Grund können hierbei steigende Flugverkehrszahlen sein.

Detailliertere Entwicklungen und dazugehörige Begründungen sind der Umwelterklärung der Fraport AG Frankfurt zu entnehmen.

Die relativ niedrigen Emissionen seit 2020 resultieren sehr wahrscheinlich aus den geringen Flugbewegungen während der Corona-Pandemie.

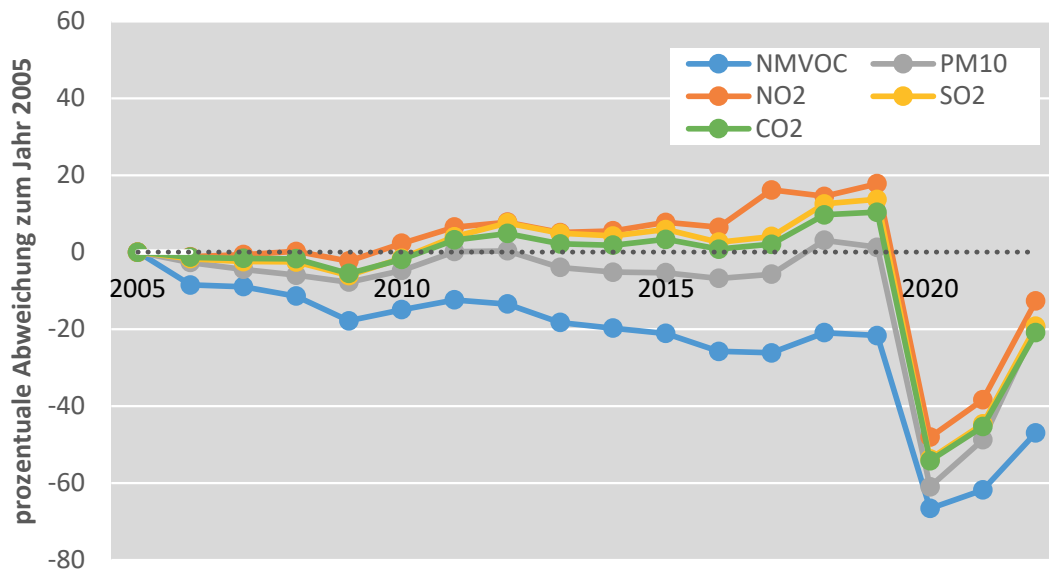


Abb. 10: Prozentuale Abweichungen der Luftschadstoffemissionen des Flugverkehrs in Hessen für die Jahre 2005 bis 2022 (nur Frankfurter Flughafen, Bezugsjahr für prozentuale Berechnungen ist 2005) Ab 2019 sind zusätzlich neben den Emissionen aus dem Landing-and-Take-off-Zyklus, den Hilfstriebwerken und der Triebwerkszündung auch Emissionen aus Zusatzschub und Triebwerksprobeläufen enthalten. Datenquelle: Fraport AG Stand: 26.05.2023

Schienerverkehr

Erhebungsmethode

Für die Erhebung der Emittentengruppe Schienenverkehr werden von der Deutschen Bahn AG (DB AG) bereitgestellte streckenabschnittsbezogene Emissionsdaten genutzt. Diese werden mittels eines Rechenmodells ermittelt. Datengrundlage ist der jeweilige Fahrplan eines Jahres.

Die Emissionen werden folgendermaßen differenziert:

- verbrennungsbedingte Emissionen von dieselbetriebenen Zugfahrzeugen sowie Emissionen aus Abrieb
- Emissionen aus Personen- sowie Güterverkehr
- Emissionen von Zügen der DB AG sowie privater Eisenbahnverkehrsunternehmen
- Emissionen von Zugfahrten auf freier Strecke sowie im Rangierbetrieb an Rangierbahnhöfen

In den Rohdaten der DB AG wird nicht zwischen Emissionen auf ober- und unterirdischen Streckenabschnitten bzw. einem Tunnel unterschieden. Daher müssen bei der Verteilung der Emissionen auf Gemeinden, Kreise oder 1 km x 1 km Raster Annahmen getroffen werden. Es wurde angenommen, dass zwei Drittel der Emissionen über die Tunnelportale (jeweils zu gleichen Teilen) entweicht und ein Drittel über die Lüftungsanlage (nur dort, wo Haltestellen in Tunneln vorhanden sind).

Die landesweiten Emissionsdaten für das Teilkataster Schienenverkehr liegen aufgeschlüsselt nach Landkreisen und Gemeinden sowie für ein 1 km x 1 km Raster vor.

Emittierte Stoffe

Tabelle 6 zeigt die Jahresemissionen des Schienenverkehrs in Hessen für die Bezugsjahre 2010, 2015 und 2019. Die Jahrgänge sind nur eingeschränkt miteinander vergleichbar, da das Rechenmodell über die Jahre verbessert wurde. So enthält der Jahrgang 2010 noch keine Staub-Emissionen aus Abriebsprozessen für private Eisenbahnverkehrsunternehmen, womit es zu einer deutlichen Unterschätzung der Staub-Emissionen kommt.

Tab. 6: Jahresemissionen des Schienenverkehrs in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] (CO ₂ : [kt/a]) ²⁾		
	2010	2015	2019
Anorganische Gase			
Kohlenmonoxid (CO)	157,62	57	119,25
Stickstoffoxide (als NO ₂)	1 266,6	513,35	631,22
Schwefeldioxid (SO ₂)	0,547	0,301	0,381
Lachgas (N ₂ O)	3,01	1,66	2,1
Organische Gase			
NMVOG ¹⁾	73,2	25,9	39,6
Methan (CH ₄)	1,8	0,638	0,973
Stäube			
Staub (entspricht PM ₁₀)	762,4	1 029,1	1 139

¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
²⁾ Tonnen pro Jahr (bei CO₂ in Kilotonnen pro Jahr)

Die höchsten Emissionen ergeben sich für Feinstaub (PM₁₀), Stickstoffoxide (als NO₂), Kohlenmonoxid (CO) und flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOG).

Grundsätzlich wird auch nach der Herkunft der einzelnen Emissionen unterschieden. So kann für alle Stoffe der Anteil des Personen- oder Güterverkehrs und bei PM₁₀ auch der Anteil aus Dieselbetrieb und Abriebprozessen (z. B. an Oberleitungen, Bremsen, Rädern) unterschieden werden. Tabelle 7 zeigt eine solche Aufteilung der Emissionen für 2019. PM₁₀ wird zu 99 % durch Abrieb hervorgerufen.

Die Karte (Abbildung 11) zeigt die PM₁₀-Jahresemissionen des Schienenverkehrs für das Jahr 2019 auf Rasterebene. Auf ihr sind stark befahrene Schienenverkehrswege besonders gut erkennbar.

Zeitliche Entwicklung

Zwischen 2010 und 2015 ist für alle Luftschadstoffe eine deutliche Abnahme der Emissionen zu erkennen (Ausnahme: Feinstaub (PM₁₀)). Von 2015 bis 2019 steigen die Emissionen wieder etwas an, erreichen allerdings nicht das Niveau von 2010. Dies betrifft Stoffe, die allein auf Dieselbetrieb zurückzuführen sind. Da in Hessen der Dieselverbrauch im Schienenverkehr für den gleichen Zeitraum stagnierte bzw.

leicht angestiegen ist, deutet dies darauf hin, dass Maßnahmen zur Emissionsreduktion getroffen wurden.

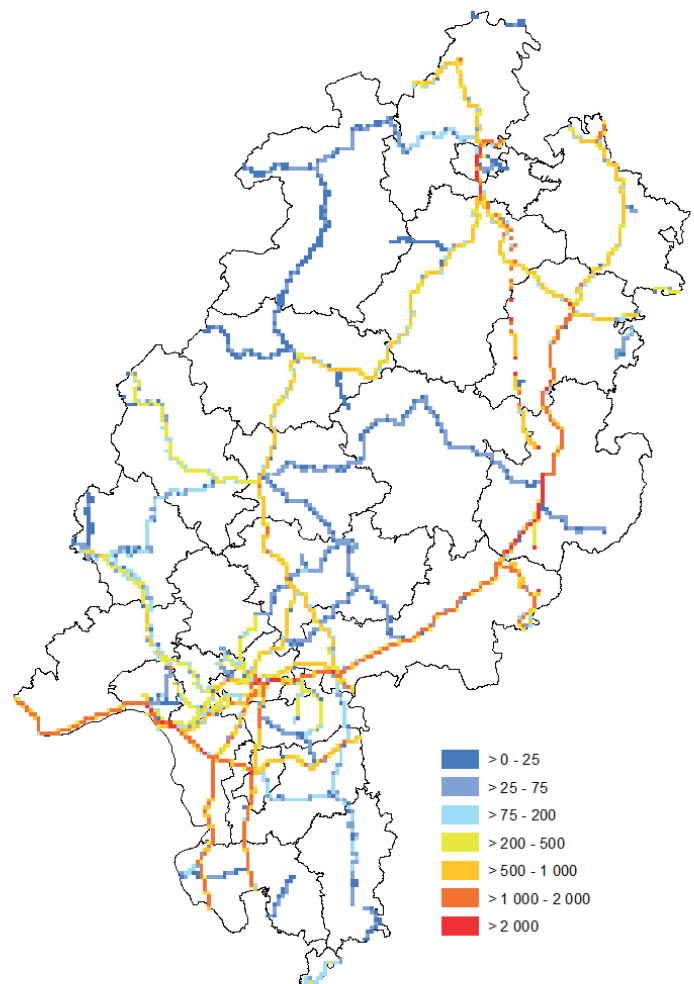


Abb. 11: PM₁₀-Emissionen des Schienenverkehrs 2019 in 1 km x 1 km Raster in kg/(km² x Jahr)

Für PM₁₀ steigen die Emissionen über alle gezeigten Jahre an. Dabei ist die Zunahme von 2010 nach 2015 deutlicher als von 2015 nach 2019. Die deutlichere Zunahme von 2010 auf 2015 kann damit erklärt werden, dass im Berechnungsmodell der DB AG für die privaten Bahnen in 2010 die PM₁₀-Emissionen aus Abriebprozessen noch nicht berücksichtigt wurden.

Tab. 7: Luftschadstoffemissionen des Schienenverkehrs in Hessen für das Jahr 2019, Anteile Verkehrsarten und emissionsverursachende Prozesse

	Feinstaub	Stickstoff-oxide	Flücht. org. Verb. ohne Methan	Kohlenmonoxid	Schwefeldioxid	Methan	Lachgas
	PM ₁₀	NO ₂	NM VOC	CO	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
Emissionen (t/a)	1 139	631,22	39,6	119,25	0,381	0,973	2,1
Anteile Verkehrsarten							
Anteil Personenverkehr (%)	37 %	90 %	89 %	90 %	90 %	89 %	90 %
Anteil Güterverkehr (%)	63 %	10 %	11 %	10 %	10 %	11 %	10 %
Anteile emissionsverursachender Prozesse							
Anteil Dieselbetrieb (%)	1 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Anteil Abrieb (%)	99 %	-	-	-	-	-	-

Emittentengruppe Verkehr im Vergleich

Beim Vergleich von Straßen-, Schienen-, und Flugverkehr zeigt sich, dass der Kfz-Verkehr den Hauptbeitrag zu den Verkehrs-Emissionen liefert. Eine Ausnahme bildet hier Schwefeldioxid (SO₂). Dort trägt der Flugverkehr zu mehr Emissionen bei wie der Kfz-Verkehr.

Abbildung 12 zeigt die Aufteilung der Verkehrs-Emissionen für das Jahr 2019. Für Kohlenmonoxid sind für den Flugverkehr keine Daten vorhanden. Aufgrund von Vereinbarungen mit der DB AG beinhaltet die Abbildung für Kohlendioxid keine Werte.

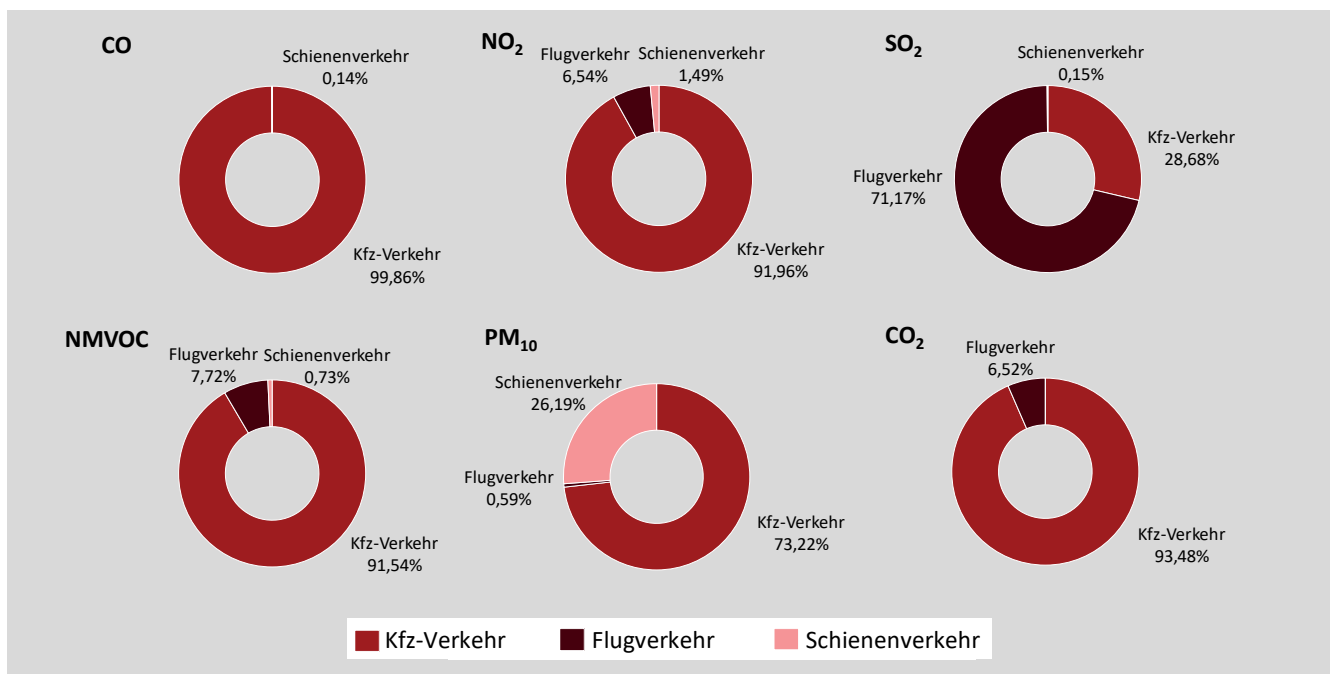


Abb. 12: Luftschadstoffemissionen für Hessen 2019 aufgeschlüsselt nach Verkehrsart (Kfz-, Flug- und Schienenverkehr)

Biogene und nicht gefasste Quellen

Die Emittentengruppe Biogene und nicht gefasste Quellen beinhaltet die Emissionen aus der Landwirtschaft und Wäldern als Biogene Quellen und die Emissionen von Deponien/ Altablagerungen als nicht gefasste Quellen.

Für die drei Bereiche zeigt Tabelle 8 jeweils die wichtigsten Herkunftsbereiche der einzelnen Stoffe.

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 ₃)	Nutztierhaltung, Mineraldüngeranwendung
Lachgas (N ₂ O)	landwirtschaftlich genutzte Böden, Mineral- und Wirtschaftsdüngeranwendung
Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)	Wald (Nadel- und Laubbäume), Nutztierhaltung
Methan (CH ₄)	Nutztierhaltung, Deponien
Feinstaub (PM ₁₀)	Bewirtschaftung von Ackerland, Nutztierhaltung

Landwirtschaft

Erhebungsmethode

Die Luftschadstoffemissionen für die Landwirtschaft werden vom Thünen-Institut (Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig) für Hessen aggregiert auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte zur Verfügung gestellt. Bei der Modellierung werden verschiedene emissionsrelevante Prozesse berücksichtigt.

Beinhaltet sind beispielsweise Verdauungsprozesse von Nutztieren, die Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, die Nutzung landwirtschaftlicher Böden, die Kalkung von Böden, die Anwendung von Harnstoff sowie die Vergärung von Energiepflanzen. Für die Berechnung der Emissionen wird das Inventarmodell GAS-EM (A Procedure to Calculate Gaseous Emissions from Agriculture) genutzt.

Emittierte Stoffe

Tabelle 9 zeigt die Jahresemissionen der Landwirtschaft für die Bezugsjahre 2006, 2012 und 2018.

Tab. 9: Jahresemissionen der Landwirtschaft in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] ²⁾		
	2006	2012	2018
Anorganische Gase			
Kohlendioxid (CO ₂)	104 050	116 050	96 918
Stickstoffoxide (als NO ₂)	4 462,6	4 543,5	4 130,1
Ammoniak (NH ₃)	20 667	20 406	19 116
Lachgas (N ₂ O)	2 274,7	2 265	2 083
Organische Gase			
NMVOC ¹⁾	10 481	9 937,7	9 622,5
Methan (CH ₄)	46 261	43 863	42 926
Stäube			
Staub	1 891,7	1 748,2	1 731
davon Feinstaub PM ₁₀	1 024,3	1 021,7	995,74
Daten des Thünen-Instituts (Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei) Stand: März 2022			
¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan			
²⁾ Tonnen pro Jahr			

Zeitliche Entwicklung

Für die Landwirtschaft ergibt sich zwischen 1990 und 2018 eine Reduktion der Emissionen. Am stärksten fällt die Reduktion bei den flüchtigen organischen Verbindungen aus (36 % Reduktion), am geringsten bei Feinstaub (PM₁₀) (18 %). Die Methan-Emissionen der Landwirtschaft nehmen zwischen 2006 und 2018 von ca. 46 261 t/a auf 42 926 t/a ab. Gründe für den Rückgang sind abnehmende Rinderbestände sowie verschärfte Vorgaben der Düngeverordnung. 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 Düngers 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.

Wälder

Erhebungsmethode

Die Emissionen der Wälder 2012 und 2018 wurden mittels Modellierung auf Grundlage des Handbuchs zur Erstellung von Emissionsinventaren der Europäischen Umweltagentur und weiterer Fachliteratur ermittelt. Hierbei wurden die Emissionen für ein Gebiet modelliert, indem dessen Fläche in m² mit baumartspezifischen Faktoren (Blattbiomassedichten und Emissionsfaktoren), einem klimaabhängigen Korrekturfaktor sowie Angaben zur Anzahl der Tage in einem Monat und Lichtstunden pro Tag pro Monat multipliziert wurden. Weiterhin wurden für die Berechnung hochauflösende Satellitendaten des europäischen Copernicus-Programms und Ergebnisse der Bundeswaldinventur (BWI) 2012 genutzt, um bewaldete Flächen in Hessen und deren Baumartzusammensetzung auszumachen.

Emittierte Stoffe

Tabelle 10 zeigt die Jahresemissionen der Wälder für die Bezugsjahre 1992, 2012 und 2018. Für die Emissionen der Wälder werden die Daten für ein Raster von Flächen von etwa 6 km x 6 km modelliert.

Tab. 10: Jahresemissionen der Wälder in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] ²⁾		
	1992	2012	2018
Organische Gase			
NMVOC ¹⁾	46 373	61 093	79 997

¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
²⁾ Tonnen pro Jahr

Zeitliche Entwicklung

Die NMVOC-Emissionen der Wälder liegen seit 1992 trotz methodischer Unterschiede in der gleichen Größenordnung. Werden die Erhebungen von 2012 und 2018 (selbe Modellier-Methodik) betrachtet, zeigt sich, dass die Emissionen um 31 % gestiegen sind. Für die beiden Jahrgänge ist der Anteil der einzelnen Stoffe / Stoffgruppen aber nahezu identisch.

Deponien / Altablagerungen

Erhebungsmethode

Die Datenermittlung der Deponieemissionen erfolgt jährlich über das Europäische Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregister (PRTR). Es werden hier auch Emissionen berücksichtigt, die unter dem PRTR-Schwellenwert von Methan (100 000 kg) liegen, aber von den Deponie-Betreibern berichtet wurden.

Emittierte Stoffe

Die Methan-Emissionen für die Jahre 2000, 2012 und 2018 sind in Tabelle 11 aufgelistet. Die Emissionen werden für die Deponien auf Landkreisebene ermittelt.

Tab. 11: Jahresemissionen der Deponien in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] ¹⁾		
	2000	2012	2018
Organische Gase			
Methan (CH ₄)	34 636	6 225	3 732,8

¹⁾ Tonnen pro Jahr

Zeitliche Entwicklung

Die Methan-Freisetzung der Deponien sinkt aufgrund der Biomüllsammlung 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 älteren Deponieablagerungen kontinuierlich abnimmt.

Tab. 12: Herkunftsbereiche und Anteile der Emissionen für biogene und nicht gefasste Quellen im Jahr 2018

Herkunftsbereich	Stickstoff-oxide	Ammoniak	Flücht. org. Verb. ohne Methan	Lachgas	Methan	Kohlen-dioxid	Gesamt-staub	Feinstaub	Feinstaub
	NO ₂	NH ₃	NMVOG	N ₂ O	CH ₄	CO ₂		PM ₁₀	PM _{2,5}
Tierhaltung (Verdauung) ¹⁾	-	-	-	-	75,2 %	-	-	-	-
Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management) ¹⁾	1,2 %	41,8 %	10,4 %	11,5 %	14,2 %	-	60,1 %	30,7 %	81,0 %
Weidegang ¹⁾	5,8 %	3,5 %	-	8,4 %	-	-	-	-	-
Pflanzen-Vergärung ¹⁾	6,5 %	8,2 %	-	37,3 %	2,6 %	-	-	-	-
Landwirtschaft ¹⁾	86,5 %	46,6 %	0,3 %	32,0 %	-	100 %	39,9 %	69,3 %	19,0 %
Feld ¹⁾	-	-	-	10,7 %	-	-	-	-	-
Wälder	-	-	89,3 %	-	-	-	-	-	-
Deponien	-	-	-	-	8,0 %	-	-	-	-
Summe	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

¹⁾ Es liegen die Daten des Thünen-Instituts (Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei) Stand: März 2022 zugrunde.

Emittentengruppen Biogene und nicht gefasste Quellen im Vergleich

Tabelle 12 zeigt die Anteile der Emissionen aus dem Jahr 2018 für die Herkunftsbereiche der einzelnen Stoffe sowohl für die Biogenen als auch die nicht gefassten Quellen.

Die biogenen NMVOG-Emissionen werden zu fast 90 % durch die Wälder verursacht. Dabei emittieren Nadelbäume vornehmlich Terpene und Laubbäume insbesondere Isopren. Die restlichen 10 % stammen aus der Landwirtschaft.

Privater Verbrauch

Erhebungsmethode

Für die 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 werden. 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 Privater Verbrauch 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 werden 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 13).

Tab. 13: Jahresemissionen der Emittentengruppe Privater Verbrauch in Hessen

Komponenten	Emission [t/a] ²⁾	
	1995	2005
Organische Gase		
NMVOC ¹⁾	18 612	13 213
¹⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan ²⁾ 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

In Tabelle 14 sind die Emissionen aller Emittentengruppen aus dem jeweils letzten Erhebungsjahr zusammengestellt.

Beispiele einer stoffbezogenen Betrachtungsweise sind mit Abbildung 1 und 13 zu sehen: Aus der PM₁₀-Karte in Abbildung 1 (Seite 1) geht hervor, dass die Emissionsrelevanz der einzelnen Emittentengruppen auch regional sehr unterschiedlich ist. In der Abbildung 13 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 PM₁₀- und NO₂-Konzentrationen (siehe hierzu die Lufthygienischen Jahresberichte für Hessen (<https://www.hlnug.de/?id=444>)).

Bei PM₁₀ ist der Verkehr für 56 % der Emissionen verantwortlich. Auf die Gebäudeheizung fallen 18 % und die biogenen und nicht gefassten Quellen 13 %. Die Industrie hat einen Anteil von 11 %. Bei Stickstoffdioxid werden 68 % der hessischen Emissionen vom Verkehr freigesetzt. Danach folgt die Industrie mit 15 % (dabei stammen 26,7 % von Großfeuerungsanlagen) und die Gebäudeheizung mit 10 %.

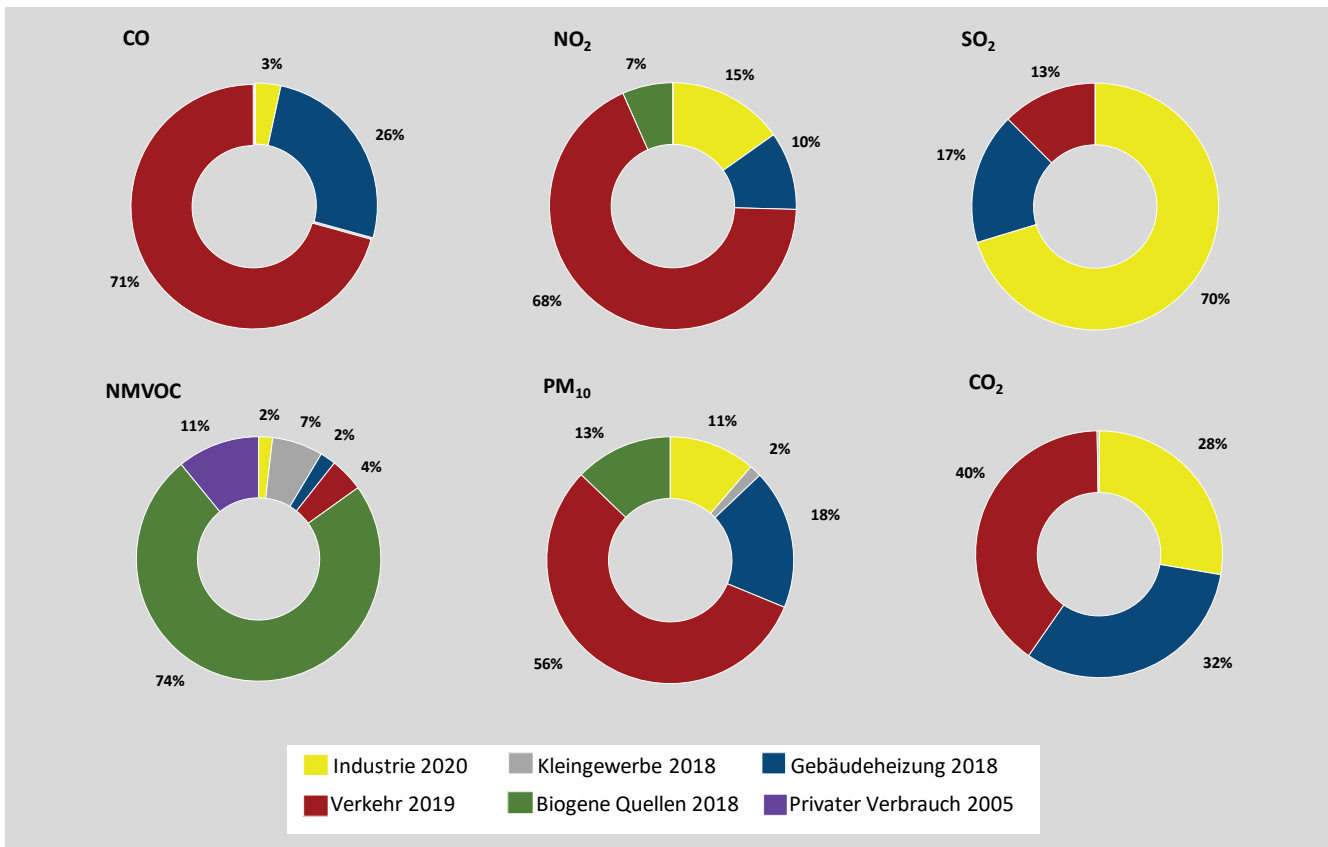


Abb. 13: Anteile der Emittentengruppen pro Schadstoff

Tab. 14: Emissionen ausgewählter Schadstoffe nach Emittentengruppen

	Kohlenmonoxid (CO)	Stickstoffoxide (als NO ₂)	Schwefeldioxid (SO ₂)	Ammoniak (NH ₃)	Lachgas (N ₂ O)	NMVOC ⁴⁾	Methan (CH ₄)	Feinstaub PM ₁₀	Kohlendioxid (CO ₂)
	[t/a] ⁵⁾	[t/a] ⁵⁾	[t/a] ⁵⁾	[t/a] ⁵⁾	[t/a] ⁵⁾	[t/a] ⁵⁾	[t/a] ⁵⁾	[t/a] ⁵⁾	[kt/a] ⁵⁾
Industrie 2020	4 092,9	9 464	1 437,3	58,2	198,35	2 235,9 ⁶⁾	1 397,4 ⁷⁾	880,6	10 809
Kleingewerbe 2018	-	-	-	-	-	8 144	-	123	-
Gebäudeheizung 2018	31 290	6 380,9	351,96	-	90,6	2 510,2	1 975,7	1 423,3	12 511
Privater Verbrauch 2005	-	-	-	-	-	13 213	-	-	-
Verkehr 2019	85 388	42 344	255,04	1 034,9	487,66	5 396,9	644,62	4 349,3	15 669
Kfz-Verkehr 2019	85 269	38 942	73,1	1 034,9	485,57	4 940,5	643,64	3 184,8	14 647
Flugverkehr 2019 ¹⁾	-	2 771,2	181,52	-	-	416,84	-	25,6	1 022,1
Schienenverkehr 2019 ²⁾	119,25	631,22	0,381	-	2,1	39,6	0,973	1 139	-
Biogene und nicht gefasste Quellen 2018	-	4 130,1	-	19 116	2 083	89 619	46 659	995,74	96,9
Wälder 2018	-	-	-	-	-	79 997	-	-	-
Landwirtschaft 2018 ³⁾	-	4 130,1	-	19 116	2 083	9 622,5	42 926	995,74	96,9
Deponien 2018	-	-	-	-	-	-	3 732,8	-	-
Gesamt	120 771	62 319	2 044,3	20 209	2 859,6	121 119	50 677	7 772	39 086

Rundungsbedingt können Abweichungen zwischen Summen und Einzelwerten entstehen

¹⁾ Daten der Fraport AG, Stand: 26.05.23; Emissionen bis 300 m über Grund, Kohlendioxid bis 914 m

²⁾ Daten der DB AG; aufgrund von Vereinbarungen mit der DB AG beinhaltet diese Aufstellung kein CO₂

³⁾ Daten des Thünen-Instituts (Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei) Stand: März 2022

⁴⁾ flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

⁵⁾ Tonnen pro Jahr (bei CO₂ in Kilotonnen pro Jahr)

⁶⁾ Wert enthält geringen Methananteil

⁷⁾ Emissionen aus Massentierhaltung sind nicht enthalten

Impressum

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

Bearbeitung: Dagmar Cornelius, Melanie Gandlau,
Max Schwinn, Stefanie Stifter

Kartengrundlage: ALK ; Hessische Verwaltung für Bodenmanage-
ment und Geoinformation (HVBG)

Stand: April 2024