

EMISSIONEN



auto-umwelt.at

Kapitel 1: EMISSIONEN

verfügbare weitere Inhalte:

- Kapitel 1: EMISSIONEN
- Kapitel 2: LUFTQUALITÄT
- Kapitel 3: LÄRM
- Kapitel 4: FLÄCHENVERBRAUCH
- Kapitel 5: UMWELTFREUNDLICHE FAHRZEUGANTRIEBE
- Kapitel 6: KRAFTSTOFFE
- Kapitel 7: FAHRSTIL
- Kapitel 8: GESETZLICHE VORSCHRIFTEN

Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)

Elisabethstraße 26

1010 Wien

Tel.: +43 1 5852741 – 0

Fax.: +43 1 5852741 -99

E-Mail: info@oevk.at

Internet: www.oevk.at

© Inhalt: Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) 2010

© Titelfoto: Rainer Sturm/pixelio.de

INHALT

1	GLOBALE EMISSIONEN	1
	1.1 TREIBHAUSEMISSIONEN.....	1
	1.2 NO _x -EMISSIONEN.....	3
2	ABGASEMISSIONEN	5
	2.1. VERBRENNUNGSKOMPONENTEN, VERBRENNUNGSPRODUKTE	5
	2.2. UNERWÜNSCHTE KOMPONENTEN IM ABGAS	6
3	KOHLENMONOXID (CO)	9
4	KOHLENWASSERSTOFFE (HC)	15
5	STICKSTOFFOXIDE (NO_x)	22
6	PARTIKEL BZW. FEINSTAUB (PM bzw. PM₁₀)	28
7	KOHLENSTOFFDIOXID (CO₂)	36

1 GLOBALE EMISSIONEN

Man unterscheidet natürliche Emissionen und durch den Menschen verursachte (anthropogene) Emissionen.

Emissionen entstehen zum einen ohne menschliche Eingriffe in die Natur. Als Beispiele können natürliche Emissionsquellen wie Vulkane, Waldbrände, Fauna und Flora, die Meeresoberfläche oder atmosphärische Ereignisse wie Blitze genannt werden. Zum anderen werden die sogenannten anthropogenen Emissionen durch den Menschen verursacht. Beispiele dafür sind Energiebereitstellung, Industrie, Verkehr, Hausbrand, Verbrennung von Biomasse, Landwirtschaft oder Abfallverbrennung.

Je nach betrachteter chemischer Komponente variiert das Verhältnis zwischen natürlichem und anthropogenem Anteil stark. Der Mensch ist zum Beispiel für 4% aller Kohlendioxid CO_2 -Emissionen verantwortlich. Im Fall von Lachgas N_2O hingegen werden 31% aller Emissionen durch den Menschen verursacht. [9]

1.1 TREIBHAUSEMISSIONEN

Neben Kohlenstoffdioxid (CO_2) zählen auch Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) zu den wesentlichen anthropogenen Treibhausgasen. Prozentuell von untergeordneter Bedeutung sind die fluorierten Gase (F-Gase) Schwefelhexafluorid (SF_6), Perfluorcarbone (PFC) und Fluorkohlenwasserstoffe (FKW).

Die als CO_2 -Äquivalent ausgedrückte stoffliche Zusammensetzung der anthropogenen (vom Menschen generierten) Treibhausgase wird in **Abbildung 1** wiedergegeben. CO_2 ist mit 77% die bestimmende Größe. CH_4 und N_2O stellen gemeinsam mit 22% (als CO_2 -Äquivalent) jedoch ebenfalls einen beachtenswerten Anteil dar. Bei der Betrachtung der globalen Treibhausgasemissionen ist eine Analyse der CO_2 -Emissionen daher nicht ausreichend.

Die globalen Treibhausgasemissionen des Jahres 2005 können mit 44,2 Gt CO_2 -Äquivalent angegeben werden. Diese setzen sich aus

- 34 Gt CO_2 ,
- 0,32 Gt CH_4 und
- 0,01 Gt N_2O zusammen. [1]

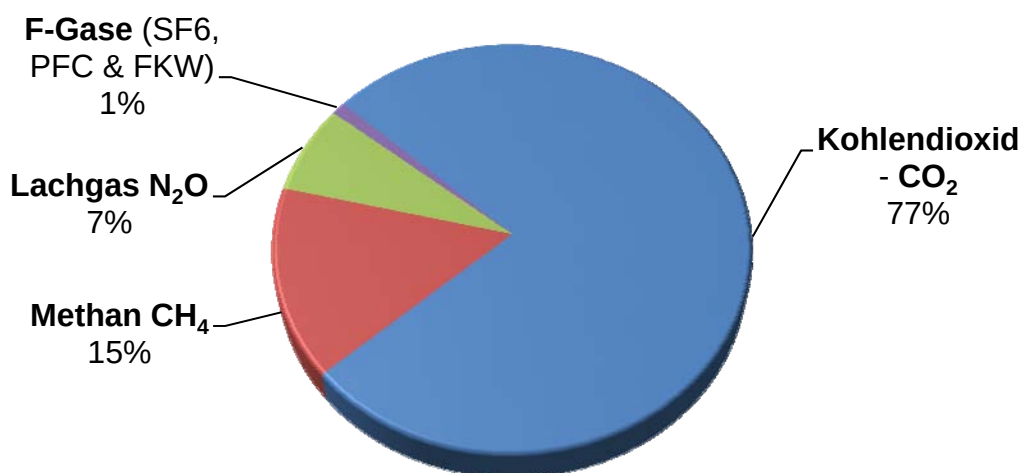


Abbildung 1: Stoffliche Zusammensetzung der globalen anthropogenen Treibhausgasemissionen (als CO_2 -Äquivalente) für das Jahr 2005 [1]

Die in [2] durchgeführte Ermittlung der CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe führt für das Jahr 2007 zu anthropogenen CO₂-Emissionen in der Höhe von 29 Gt CO₂. Das bedeutet, dass rund 85% der anthropogenen CO₂-Emissionen durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen.

Der Vergleich zwischen den natürlichen und anthropogenen CO₂-Emissionen zeigt, dass der natürliche Anteil etwa um den Faktor 23 höher liegt. Das Emissionsniveau der natürlichen CO₂-Emissionen kann mit rund 770 Gt CO₂ pro Jahr geschätzt werden [3]. Eine analoge Einschätzung ist in [4] publiziert.

Die natürlich auftretenden CH₄-Emissionen liegen mit rund 0,19 Gt CH₄ pro Jahr etwa bei 60% der anthropogenen Emissionen und werden primär durch Moore und Feuchtgebiete (anaerobe Vergärung von Biomasse) erzeugt [3]. Die in [5] angeführten Analysen zeigen Bandbreiten in einer vergleichbaren Größenordnung auf.

Die wichtigste natürliche Quelle der N₂O-Emissionen ist die mikrobielle Umsetzung von Stickstoffverbindungen in Böden und Ozeanen [5]. Die natürlichen Emissionen dieses Treibhausgases liegen mit rund 0,028 Gt N₂O pro Jahr um den Faktor 2,8 höher als die anthropogenen Emissionen. [3], [5]

Abbildung 2 zeigt die globalen natürlichen und anthropogenen Treibhausgasemissionen als CO₂-Äquivalent (CO₂, CH₄ und N₂O) nach Sektoren gegliedert.

Der mit 23,5% gewichtigste anthropogene Sektor Elektrizität und Wärme liegt knapp vor industriell bedingten Treibhausgasemissionen, welche 19% darstellen. Der Sektor Straßenverkehr steht in dieser Gegenüberstellung mit 10,5% an sechster Stelle. Eine analoge Einschätzung der Verhältnisse wird in [6] gezeigt. Weitere Details können auch [1] und [7] entnommen werden.

Die natürlichen Treibhausgasemissionen werden durch die Emissionen der Ozeane, Böden und durch die Vegetation bestimmt. Diese drei Emittenten führen zu 98,5% aller natürlichen Treibhausgasemissionen.

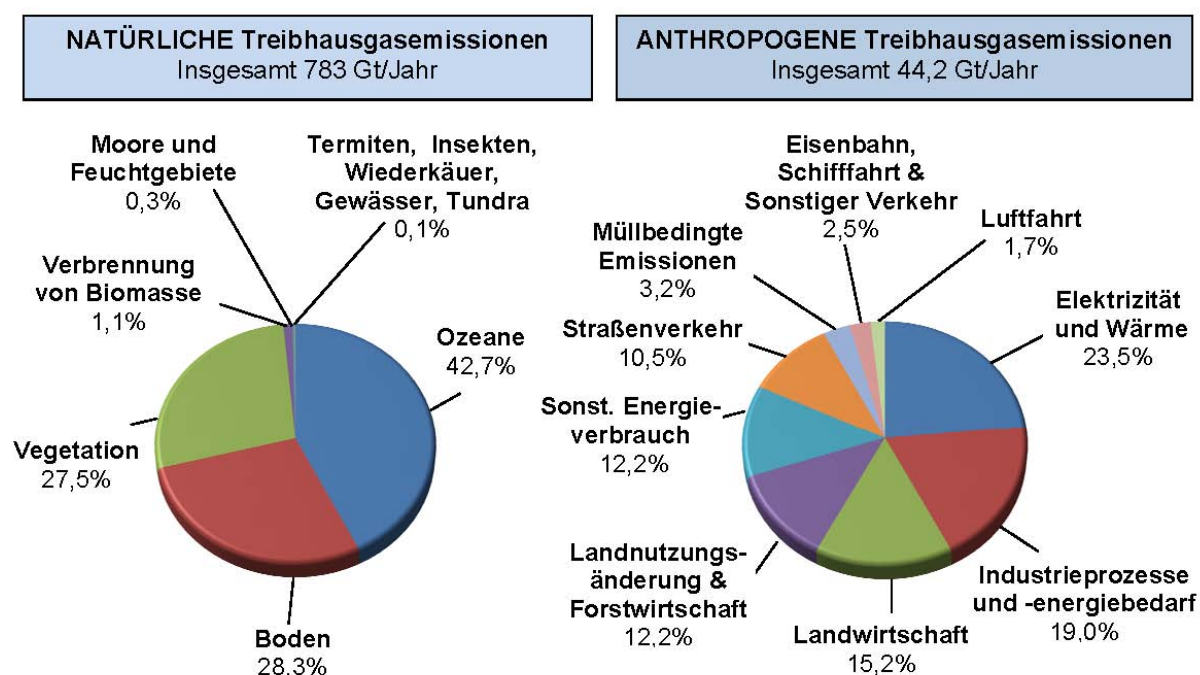


Abbildung 2: Aufteilung der globalen jährlichen Treibhausgasemissionen (CO₂, CH₄ und N₂O als CO₂-Äquivalente) [1], [3], [5]

1.2 NO_x-EMISSIONEN

Die Abschätzung der globalen NO_x-Emissionen unterliegt nach wie vor großen Unsicherheiten.

Die Abschätzung der weltweiten natürlichen als auch der anthropogenen NO_x-Emissionen, welche sich aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) zusammensetzen, unterliegt großen Unsicherheiten.

Die Bandbreite der natürlich bedingten NO_x-Emission wird in [1] (aus dem Jahr 2008) mit 6,1 bis 25 Mt/Jahr (als N-Masse)¹ angegeben. Als wahrscheinlichster Wert wird darin 15,2 Mt/Jahr (als N-Masse)² angeführt. Die primären Quellen der globalen natürlichen NO_x-Emissionen können **Abbildung 3** entnommen werden.

Das Emissionsniveau der globalen anthropogenen NO_x-Emissionen wird in [8] mit 59,8 Mt/Jahr (als N-Masse)³ bei einer möglichen Bandbreite von 41,7 bis 79 Mt/Jahr (als N-Masse)⁴ angegeben.

Der Straßenverkehr verursacht demnach 13% der anthropogenen NO_x-Emissionen. Ein Überblick über die Zusammensetzung der globalen anthropogenen NO_x-Emissionen nach Quellen wird in **Abbildung 3** gegeben.

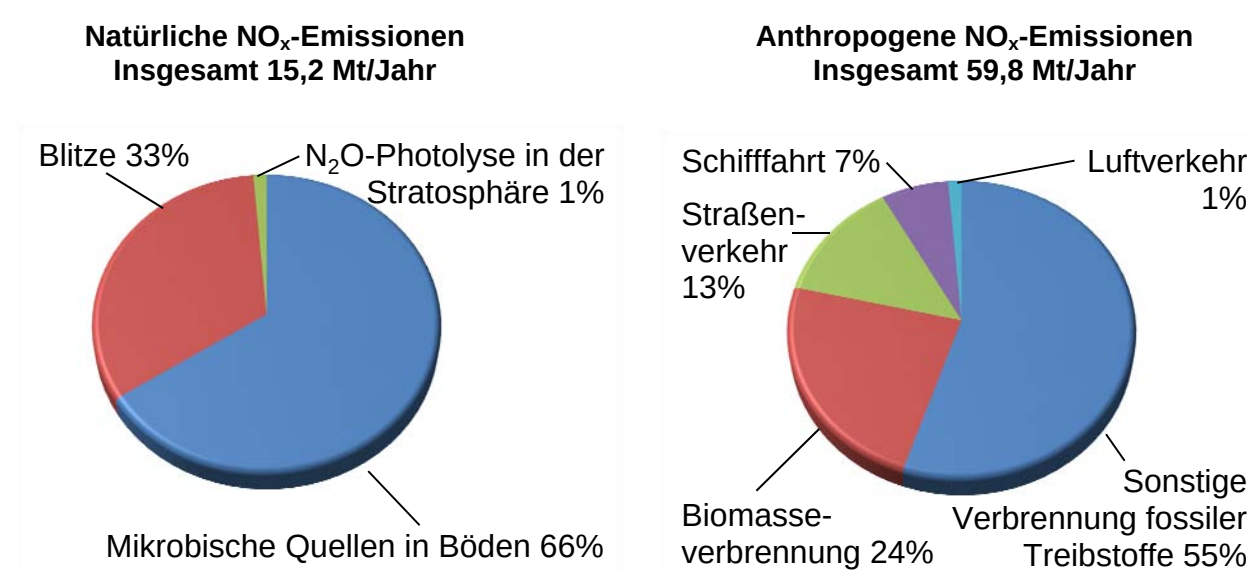


Abbildung 3: Aufteilung der globalen jährlichen NO_x-Emissionen (als N-Masse) [1]

Der Vergleich zwischen den weltweiten natürlichen und anthropogenen NO_x-Emissionen zeigt auf, dass der anthropogene Anteil etwa um den Faktor 4 höher liegt. Aufgrund der hohen Ungenauigkeiten in der Abschätzung der NO_x-Emissionen kann dieses Verhältnis jedoch zwischen 1,7 und 13 liegen.

Die Zunahme des Straßenverkehrs des letzten Jahrhunderts brachte einen stetigen Anstieg der Emissionen mit sich. Die bereits vor etwa 30 Jahren eingehaltenen und stetig abgesenkten Emissionsgrenzwerte neuer Kraftfahrzeuge haben jedoch zu einer deutlichen Absenkung der Abgasemissionen geführt.

¹ bzw. 20 bis 82,1 Mt/Jahr (als NO₂-Masse)

² bzw. 49,9 Mt/Jahr (als NO₂-Masse)

³ bzw. 196,4 Mt/Jahr (als NO₂-Masse)

⁴ bzw. 137 bis 259,5 Mt/Jahr (als NO₂-Masse)

Im Fall der Komponenten Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC), Stickstoffoxide (NO_x) und Partikel (PM) sind die kontinuierlichen Absenkungen der Grenzwerte so ausgeprägt, dass trotz steigender Kraftfahrzeugbestände die Emissionen deutlich reduziert werden konnten bzw. können. Je nach Kraftfahrzeugkategorie (PKW oder NFZ), Region (Österreich oder Deutschland) und Komponente werden im Zeitraum 1990 bis 2030 Reduktionsraten zwischen 62% bis 98% erreicht.

Für Personenkraftwagen existiert zudem eine neu eingeführte Emissionsnorm, welche die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Neuwagenflotte regelt. Dadurch ist zu erwarten, dass die CO₂-Emissionen des PKW-Sektors im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 1990 ebenfalls entsprechend sinken werden. Für Österreich wird von einer Reduktion um 5%, bzw. für Deutschland von 22% ausgegangen. Aufgrund einer fehlenden CO₂-Regelung im NFZ-Sektor und der stetigen Bestandsentwicklung wird in diesem Segment ein CO₂-Anstieg von 61% (für Österreich), bzw. 57% (für Deutschland) erwartet.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die erreichten und geplanten Reduktionen das Emissionsniveau des Straßenverkehrs auf ein sehr niedriges Niveau senken.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Herzog, T.:** *World Greenhouse Gas Emissions in 2005*. Washington DC: World Resources Institute, 2009.
- [2] **IEA:** *CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2009 Edition*. Paris: International Energy Agency, 2009. ISBN: 978-92-64-06102-6.
- [3] **Cozzarini, Ch.:** *Emissionen und Immissionen von Abgaskomponenten 1996*. Wien: TU Wien, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau, 1996. Bericht B2319.
- [4] **IPCC:** *IPCC Fourth Assessment Report - Working Group I Report "The Physical Science Basis"*. Genf: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. ISBN 978 0521 88009-1.
- [5] **Fabian, P.:** *Leben im Treibhaus: Unser Klimasystem - und was wir daraus machen*. Berlin: Springer Verlag, 2002. ISBN 3-540-43361-6.
- [6] **IPCC:** *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Genf: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [7] **Baumert, K, et al:** *Navigating the Numbers - Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*. Washington DC: World Resources Institute, 2005. ISBN: 1-56973-599-9.
- [8] **Schumann, U.:** Globale Verkehrsemissionen in der freien Troposphäre und unteren Stratosphäre und ihre Klimawirkung. [Hrsg.] N. Metz. *Im Spannungsfeld zwischen CO₂-Einsparung und Abgasemissionsabsenkung*. Renningen: expert-Verlag, 2008.
- [9] **Prüller, St.:** *Emissionen und Immissionen von Abgaskomponenten 2001*. Wien: Institut für Verbrennungskraftmaschinen und KFZ-Bau der TU Wien, 2001. Bericht B2795.

2 ABGASEMISSIONEN

Das Abgas eines Verbrennungsmotors besteht aus einer komplexen Kombination chemischer Komponenten.

Bei einer idealen Verbrennung, d.h. ohne Bildung von Nebenprodukten, reagiert 1 kg Kraftstoff (Diesel oder Benzin) mit etwa 14 kg Luft (das sind ca. 12 m³ Luft bei 20°C). Davon sind rund 3,4 kg Sauerstoff (O₂).

Dabei entstehen pro Kilogramm Kraftstoff ca. 3,15 kg Kohlendioxid (CO₂) und ca. 1,25 kg Wasser (H₂O) in Form von Wasserdampf.

In **Abbildung 1** werden die entsprechenden Verhältniswerte wiedergegeben.

2.1. VERBRENNUNGSKOMPONENTEN, VERBRENNUNGSPRODUKTE

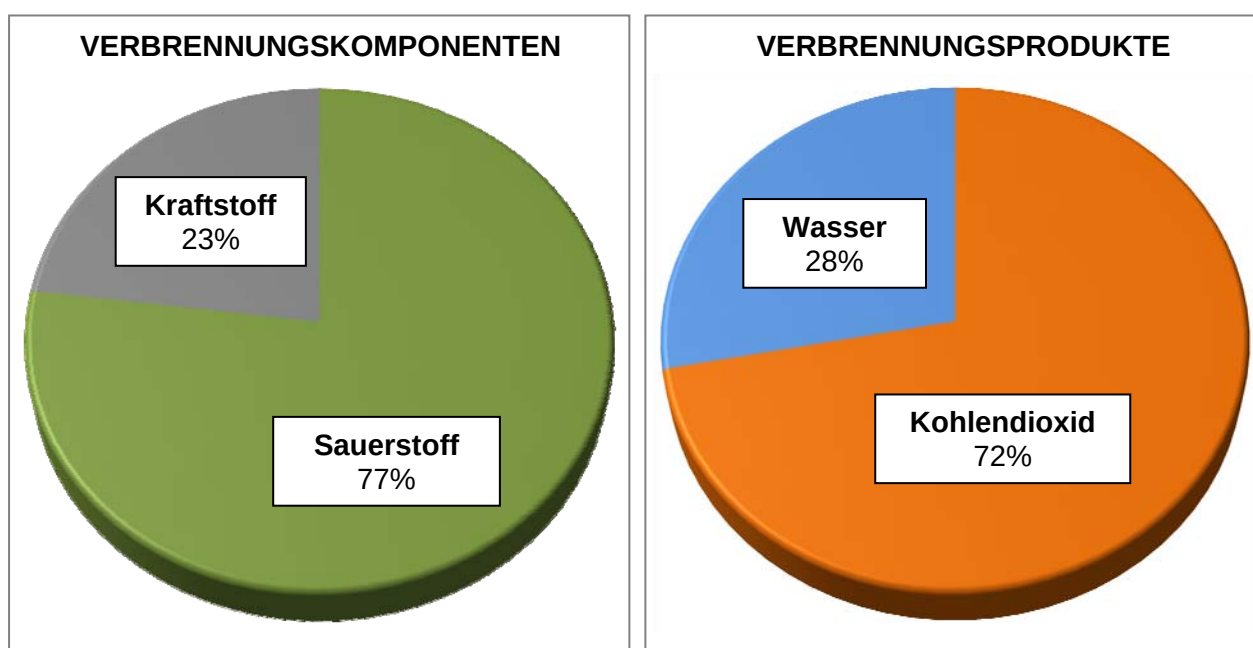


Abbildung 1: Wichtigste Komponenten und Produkte bei der idealen motorischen Verbrennung

Real verläuft die Verbrennung nie ideal, deshalb entstehen unerwünschte Nebenprodukte, **Abbildung 2**. Die Anteile im Abgas sind jedoch sehr gering. Bei Ottomotoren entfallen 0,3% der Masse des Abgases auf gesetzlich limitierte Komponenten. Bei Dieselmotoren liegt dieser Wert bei 0,1%. In den letzten 35 Jahren wurden viele Fortschritte erreicht - 1970 waren die Anteile dieser Schadstoffe im Abgas ungefähr zehn Mal so hoch. [1]

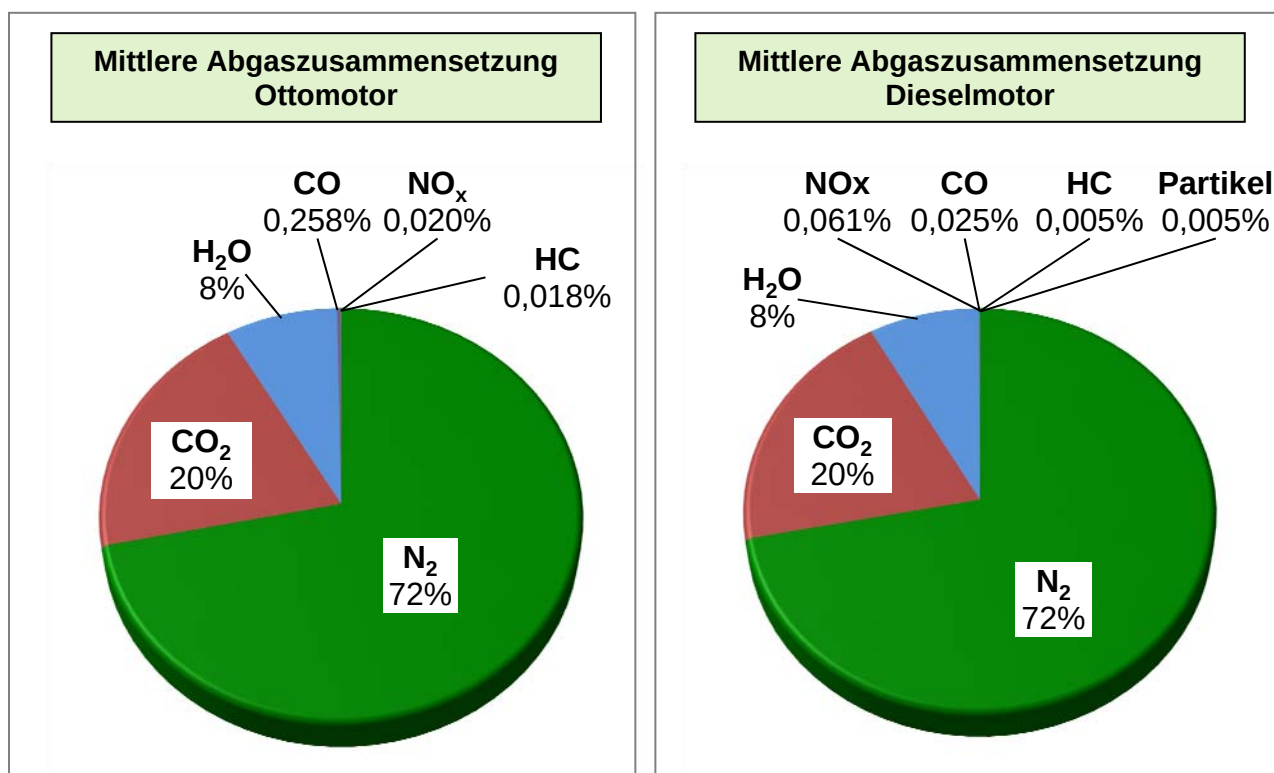


Abbildung 2: Abgaszusammensetzung von Otto- und Dieselmotoren [1]

2.2. UNERWÜNSCHTE KOMPONENTEN IM ABGAS

Die wichtigsten unerwünschten Abgaskomponenten sind folgende:

1. **Unverbrannte Kohlenwasserstoffe**, mit der Abkürzung HC in der Literatur bezeichnet. Es sind viele verschiedene Verbindungen mit kleiner (Methan), aber meist mit großer Anzahl an Atomen im Molekül. Gründe für die Entstehung können Mangel an Sauerstoff (zu hoher Kraftstoffanteil im Brenngemisch oder ein lokal inhomogenes Gemisch) oder zu niedrige Temperaturen an den Brennraumwänden sein, welche die Verbrennungsreaktion hindern.
Die Wirkungen auf den Menschen können bei hohen Konzentrationen von anoxidierten HC Schleimhautreizungen, Atemnot oder Asthma sein.
2. **Kohlenmonoxid** CO, ein sehr giftiges farbloses geruchloses Gas. CO bindet sich fester als Sauerstoff an das Hämoglobin im Blut und beeinträchtigt die Sauerstoffversorgung des Körpers. Diese Vergiftung kann, bei entsprechend hoher Konzentration, zur "inneren Erstickung" führen.
Kohlenmonoxid entsteht wie HC bei unvollständiger Verbrennung der Kraftstoffe.
3. **Stickstoffoxide** NO und NO₂, ihre Summe wird als NO_x bezeichnet. Stickstoffoxide bilden sich aus dem Stickstoff der Luft, der bei lokalen Temperaturspitzen im Brennraum mit Sauerstoff reagiert.
Stickstoffoxide sind bei entsprechender Konzentration gefährlich; sie tragen zur Geruchsbelästigung und geringfügig zum Treibhauseffekt (globale Erwärmung der Erde) bei.
4. **Partikel**: Diese wurden in den 80er Jahren von der IARC (International Agency for Research on Cancer) als "probably carcinogenic to humans" eingestuft. Je kleiner die Partikel, desto tiefer können sie in die Atemwege eindringen. Partikel kleiner als 1µm, wie die meisten aus der motorischen Verbrennung, können bis zu den Alveolen gelangen, **Abbildung 3**.

Als Abgaspartikel werden feste und auch flüssige Partikel bezeichnet, die sich bei der gesetzlich vorgeschriebenen gravimetrischen Messung bei einer Abgasprobenahme am Auspuff eines Autos auf einem teflonbeschichteten Glasfaserfilter sammeln. Die kleinsten Partikel, zwischen 2 und 10 nm, sind meistens flüssige Tröpfchen, die größeren (bis maximal 10 μm) bestehen aus einem festen Kern aus Ruß, seltener aus metallischer Asche, worauf sich Kondensate anlagern. Unter diesen Kondensaten sind kleine Anteile von kanzerogenen PAH (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe), Schwefelsäure und viele andere Kohlenwasserstoffverbindungen, die aus dem Motor in gasförmigem Zustand herauskommen. Die Partikelbildung teilt sich somit in Ruß- und Kondensatbildung.

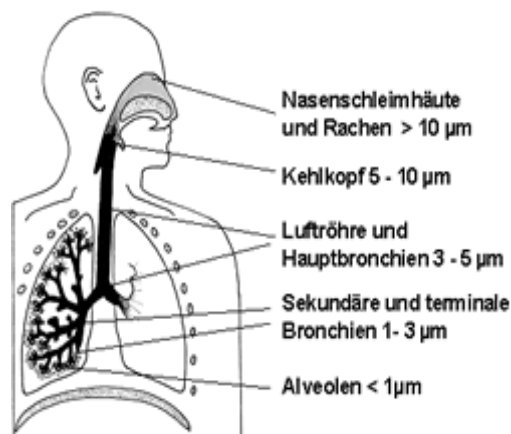


Abbildung 3: Partikelabscheidung in Atemwegen je nach Partikelgröße

Nach der aktuellen Theorie der Rußbildung entstehen sogenannte Rußpartikel wie folgt:

Während der Verbrennung lösen sich die leichten, kleinen Wasserstoffatome der Kohlenwasserstoffe vom Molekül und wandern (diffundieren infolge der Konzentrationsdifferenz) zur Flamme, also zum Sauerstoff. Die trägen Molekülreste (Radikale) bleiben in Ansammlungen zurück, krümmen sich zusammen und bilden sogenannte Primärpartikel, primär weil sie als erste gebildet werden. Diese Primärpartikel schließen sich dann zu festen Agglomeraten (sekundäre Partikel) zusammen. Abbildung 4 zeigt eine schematische Darstellung der dieselmotorischen Rußbildung.

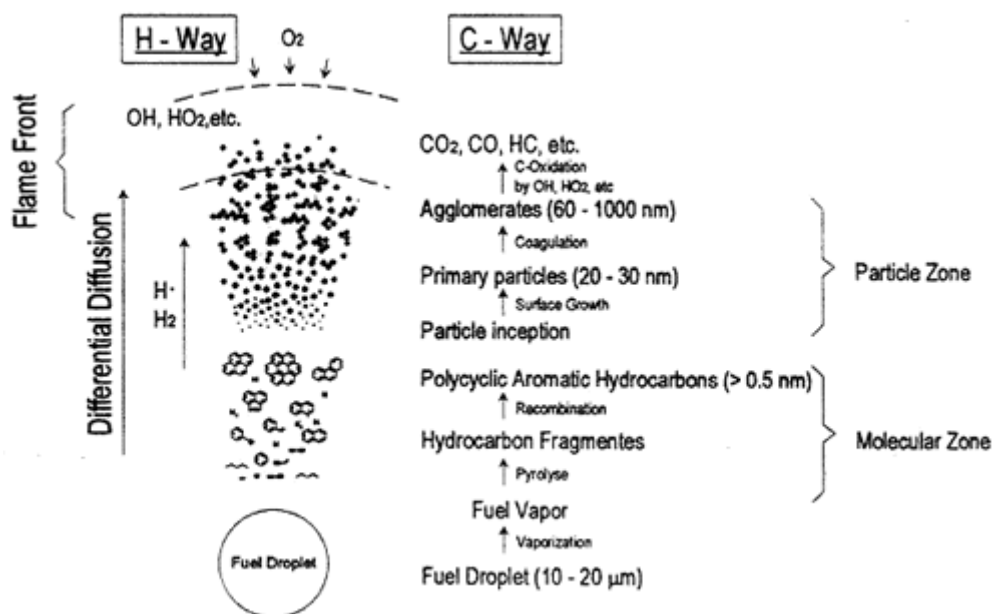


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Rußbildung und Koagulation der Primärpartikel um ein brennendes Kraftstofftröpfchen [2]

In **Abbildung 5** sieht man Aufnahmen von Agglomeraten mittels Elektronenmikroskop.

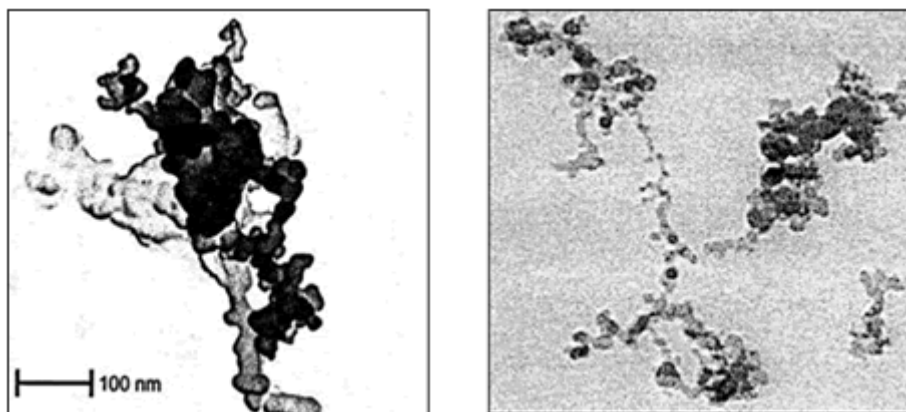


Abbildung 5: Aufnahmen mittels Elektronenmikroskop von verhältnismäßig großen Dieselsussagglomeraten [3]

Eine Sonderrolle spielen Stoffe wie z.B. Aldehyde, Benzol, Benzo(a)pyren aus der Gruppe der polyzyklischen Aromaten, die jedoch in deutlich geringerer Konzentration im Abgas auftreten und heutzutage durch die Abgasnachbehandlungssysteme praktisch eliminiert werden. Der Anstieg von NH_3 und N_2O durch Katalysatoren ist vernachlässigbar.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Lenz, H.P., Illini, B. und Fellner, B.:** Neue Prognose der Abgasemissionen in Deutschland und europäische Perspektiven. *Vortrag bei der VDI-Veranstaltung "Innovative Fahrzeugantriebe"*. Dresden: VDI Verlag, 2004.
- [2] **Jing, L.:** Charakterisierung der dieselmotorischen Partikelemission. Dissertation an der Philosophisch-naturwissenschaftl. Fakultät, Universität Bern, 1997
- [3] **Hohenberg, G., Hamm, E.:** Geruchsprobleme von DI-Ottomotoren; 20. Wiener Motorensymposium, VDI - Fortschritt - Bericht Reihe 12 Nr. 376, Band 1, S.138.

3 KOHLENMONOXID (CO)

Umfassende Emissionsverminderung durch die Katalysatortechnik.

Im Folgenden werden die Umweltwirkungen und Emissionen von Kohlenmonoxid in Österreich, Deutschland und EU27 diskutiert.

UMWELTWIRKUNGEN

CO ist eine chemische Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff und zählt zur Gruppe der Kohlenstoffoxide. Es ist ein sehr giftiges, farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas. Es entsteht bei der unvollständigen Oxidation (Verbrennung) von Kohlenstoff. [1]

Auswirkungen auf die Umwelt:

CO trägt zur photochemischen Bildung von bodennahem Ozon bei, da es mit anderen reaktiven Partnern innerhalb mehrerer komplexer Reaktionsschritten die Oxidation von NO zu NO₂ ohne Ozonabbau (O₃) bewirkt. [2]

Auswirkungen auf den Menschen:

CO ist ein Atemgift, da es sich rund 325 Mal stärker an den roten Blutfarbstoff Hämoglobin bindet als Sauerstoff. Dadurch verringert es die Sauerstoff-Transportkapazität des Blutes und beeinträchtigt die Freisetzung des Sauerstoffs im Hämoglobin, was zu einer Sauerstoffunterversorgung führt. [1]

Messbare Wirkungen (Kopfschmerzen und leichte Übelkeit) treten bei Konzentrationen von 250 µg/m³ nach einer Exposition von 2 Stunden auf.

Die heute auftretenden Luftqualitätswerte sind unkritisch; der CO-Grenzwert wird weit unterschritten.

ENTWICKLUNG UND PROGNOSE DER STRAßENVERKEHRSEMISSIONEN

Im Bereich der Kohlenmonoxidemissionen spielt der Dieselmotor eine untergeordnete Rolle. Die Einführung des Dreiwegekatalysators bei Ottomotoren führte zudem zu einer erheblichen Reduktion der CO-Emissionen. Der Oxidationskatalysator in Dieselfahrzeugen sorgte für eine weitere Minderung. Das kontinuierliche Ausscheiden von alten Kraftfahrzeugen ohne Katalysator führt demnach zu einer deutlichen Herabsetzung des Emissionsniveaus.

ÖSTERREICH

Abbildung 1 gibt die Entwicklung und Prognose der CO-Emissionen der Otto- und DieselpKW wieder. Im Jahr 1990 belief sich der Beitrag der dieselpbetriebenen PKW auf 0,8%. Im Jahr 2030 steigt dieser Beitrag – infolge umfangreicher Emissionsreduktionen der Ottomotoren – auf 18,2%. Dennoch bleibt der Dieselmotor von sekundärer Bedeutung.

Insgesamt wird zwischen 1990 und 2030 im PKW-Sektor eine Reduktion der CO-Emissionen von 91,6% erreicht. Dies ist eine beachtliche Minderung, wenn berücksichtigt wird, dass der Bestand an PKW und die erbrachten Fahrleistungen im Jahr 2030 deutlich über dem Niveau von 1990 liegen.

Diese Bestands- und Fahrleistungszunahme ist gemeinsam mit den nicht mehr weiter abgesenkten CO-Emissionsgrenzwerten seit Euro 4 dafür verantwortlich, dass es zu einer Stabilisierung des niedrigen Emissionsniveaus kommt und ab 2005 Emissionsreduktionen vorwiegend durch das Ausscheiden älterer PKW erreicht werden.

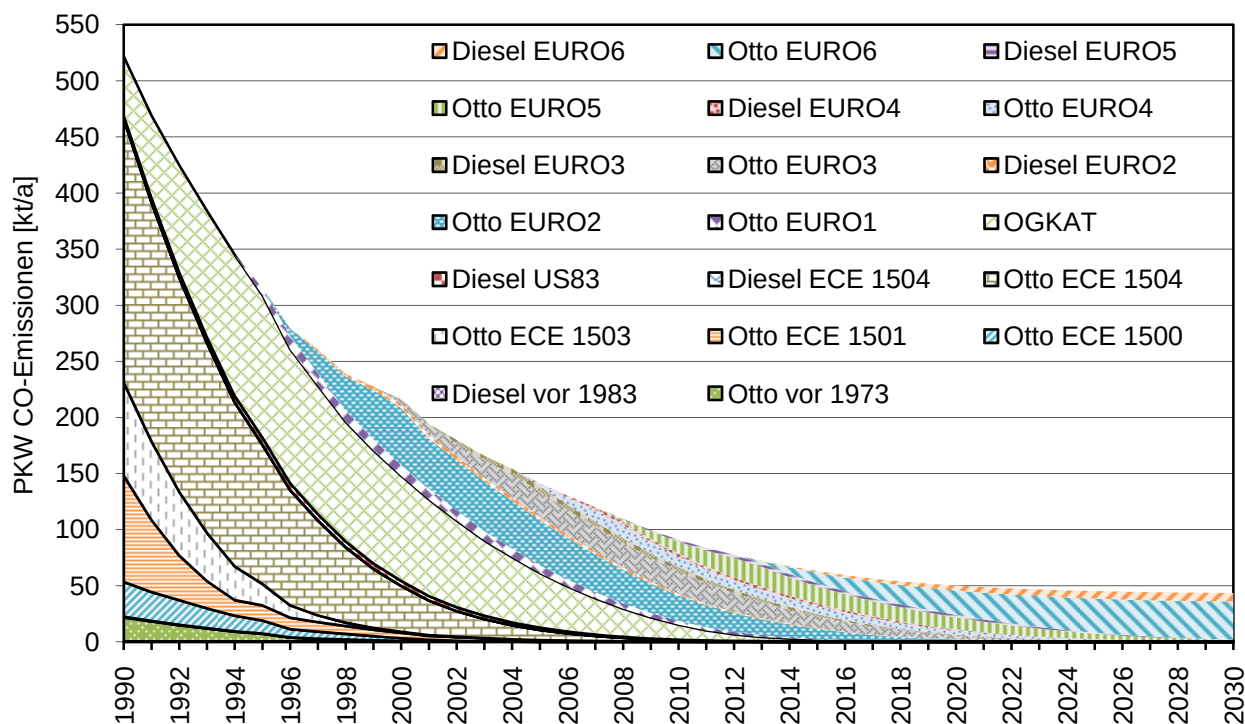


Abbildung 1: Entwicklung und Prognose der PKW CO-Emissionen in Österreich in kt/a

Die in **Abbildung 2** dargestellten CO-Emissionen des Nutzfahrzeugsektors, die um den Faktor 10 niedriger als beim PKW sind, zeigen ebenfalls die Dominanz des Ottomotors auf. Die verbesserten Emissionen des Ottomotors und die Entwicklung hin zum Dieselmotor führen im Nutzfahrzeugbereich zu einer Reduktion von 87,6% im Zeitraum 1990 bis 2030. Der Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

Auch im Nutzfahrzeugsektor kommt es infolge einer fehlenden weiteren Grenzwertverschärfung und der starken Bestands- und Fahrleistungszunahme zu einer Stabilisierung des niedrigen Emissionsniveaus.

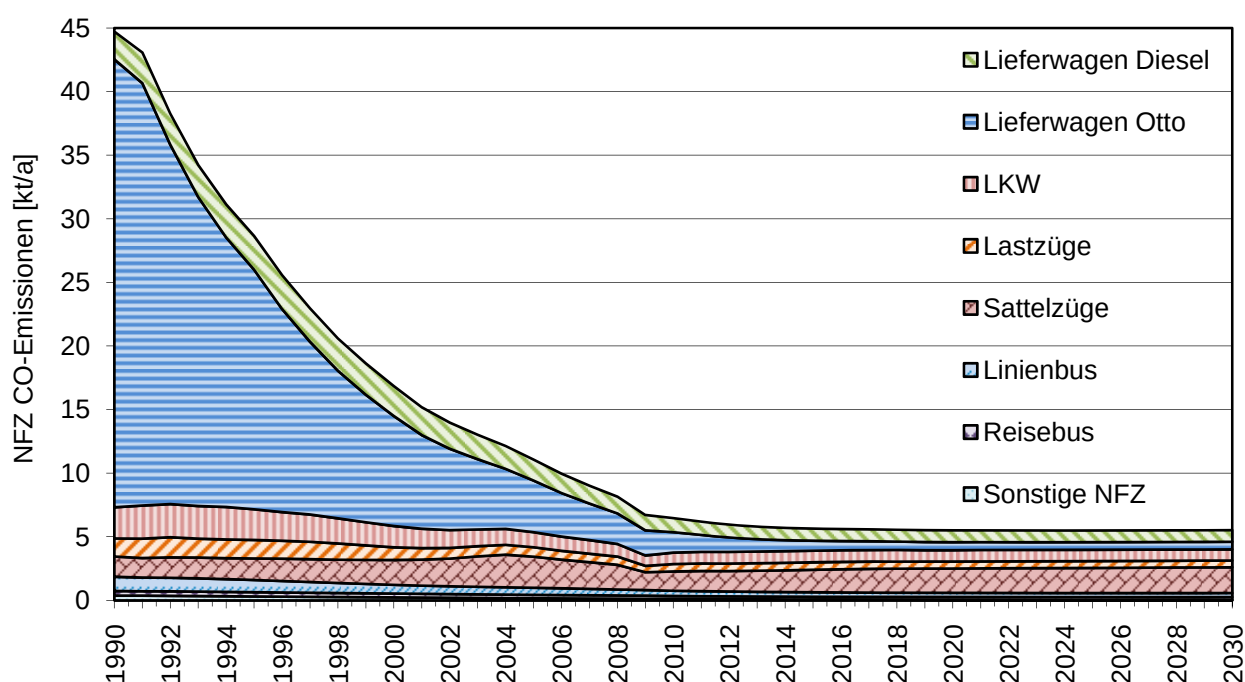


Abbildung 2: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug CO-Emissionen in Österreich in kt/a

Der in **Abbildung 3** wiedergegebene Sektorenvergleich für Österreich bestätigt den starken Rückgang des Verkehrseinflusses auf die CO-Emissionen. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Österreich verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

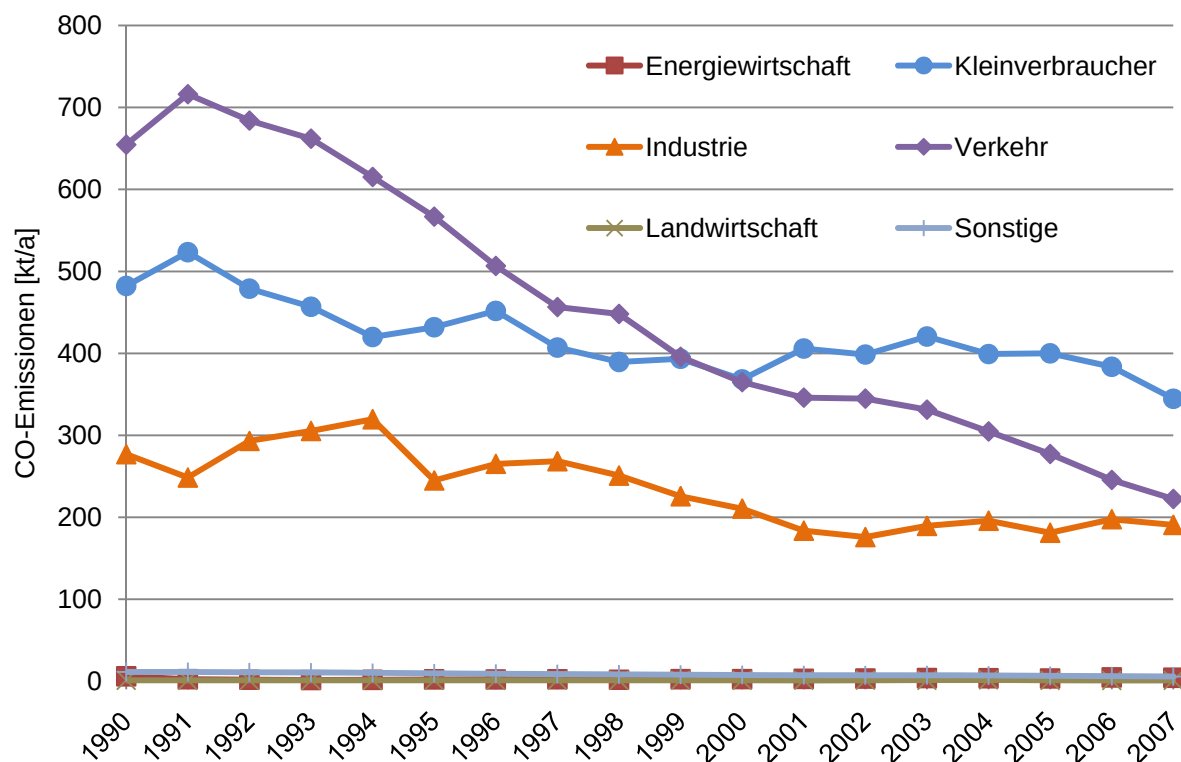


Abbildung 3: Sektorenvergleich der CO-Emissionen in Österreich [3]

DEUTSCHLAND

In Deutschland ergibt sich ein mit Österreich vergleichbarer Emissionsverlauf. **Abbildung 4** und **Abbildung 5** geben diese Entwicklung wieder. Im PKW-Sektor führen die gesetzten Maßnahmen zwischen 1990 und 2030 zu einer Reduktion von 90,1%. Im Bereich der Nutzfahrzeuge liegt die Abnahme der CO-Emissionen in diesem Zeitraum bei 75,8%. Der Einbruch bei den Nutzfahrzeugemissionen im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

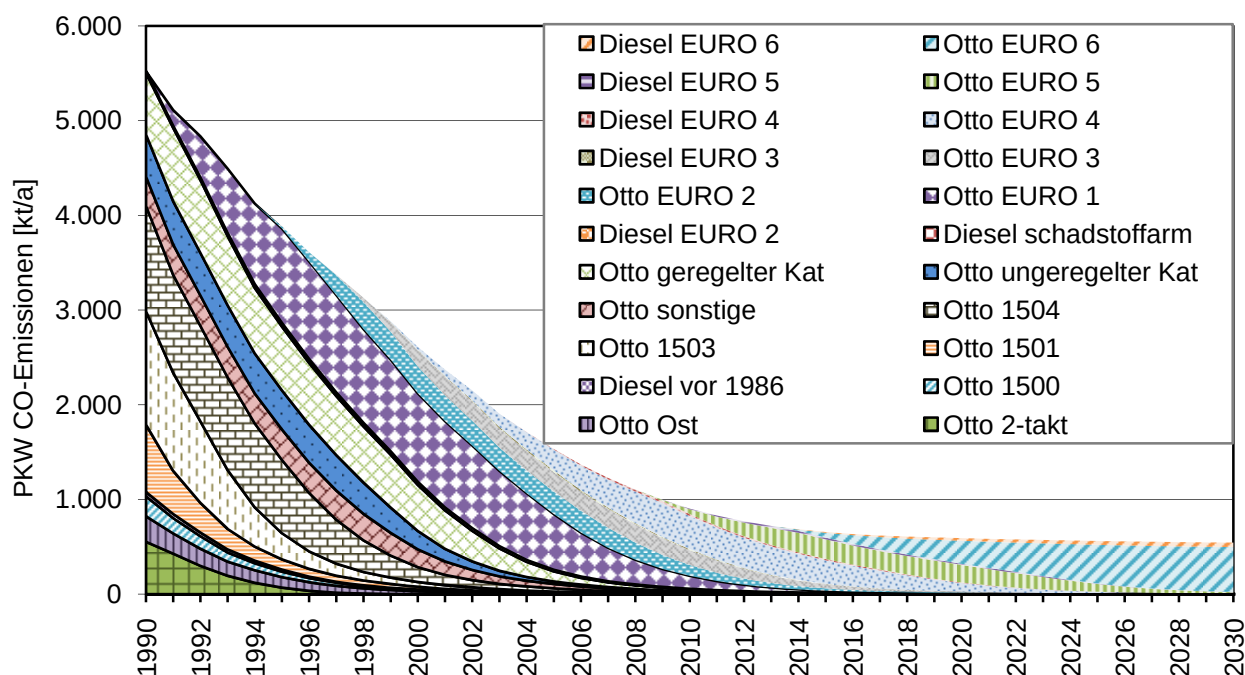


Abbildung 4: Entwicklung und Prognose der PKW CO-Emissionen in Deutschland in kt/a

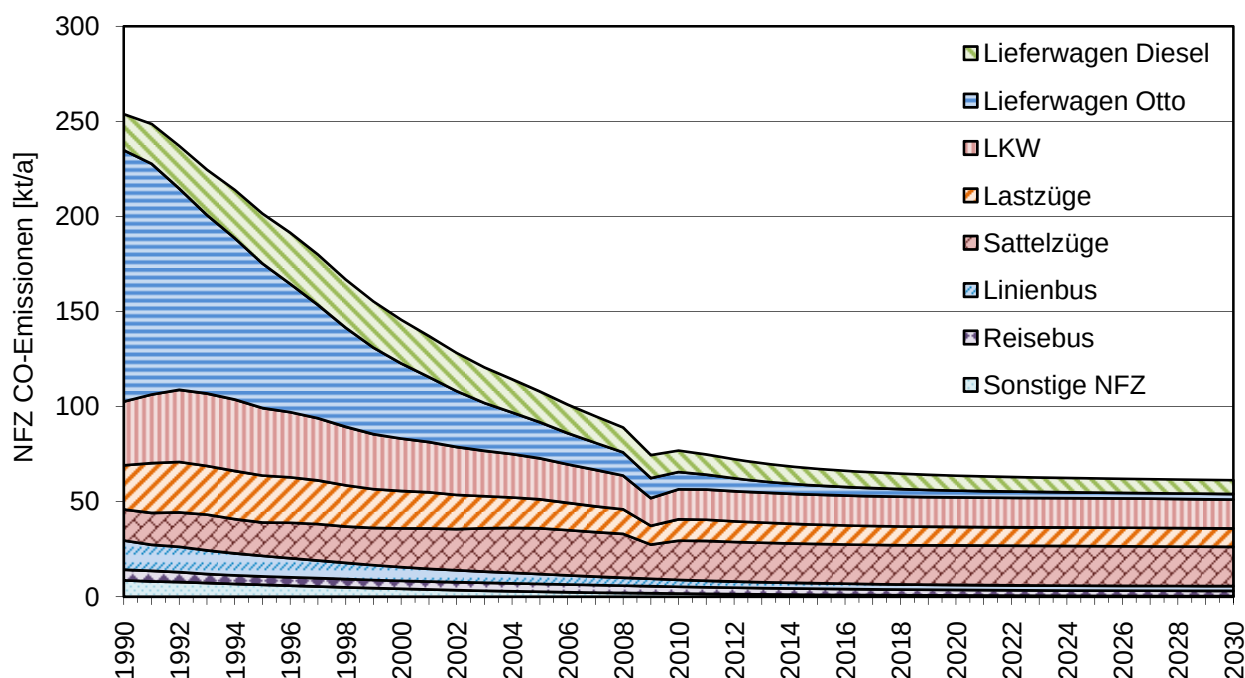


Abbildung 5: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug CO-Emissionen in Deutschland in kt/a

Der in **Abbildung 6** wiedergegebene Sektorenvergleich für Deutschland bestätigt den starken Rückgang des Verkehrseinflusses auf die CO-Emissionen. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Deutschland verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

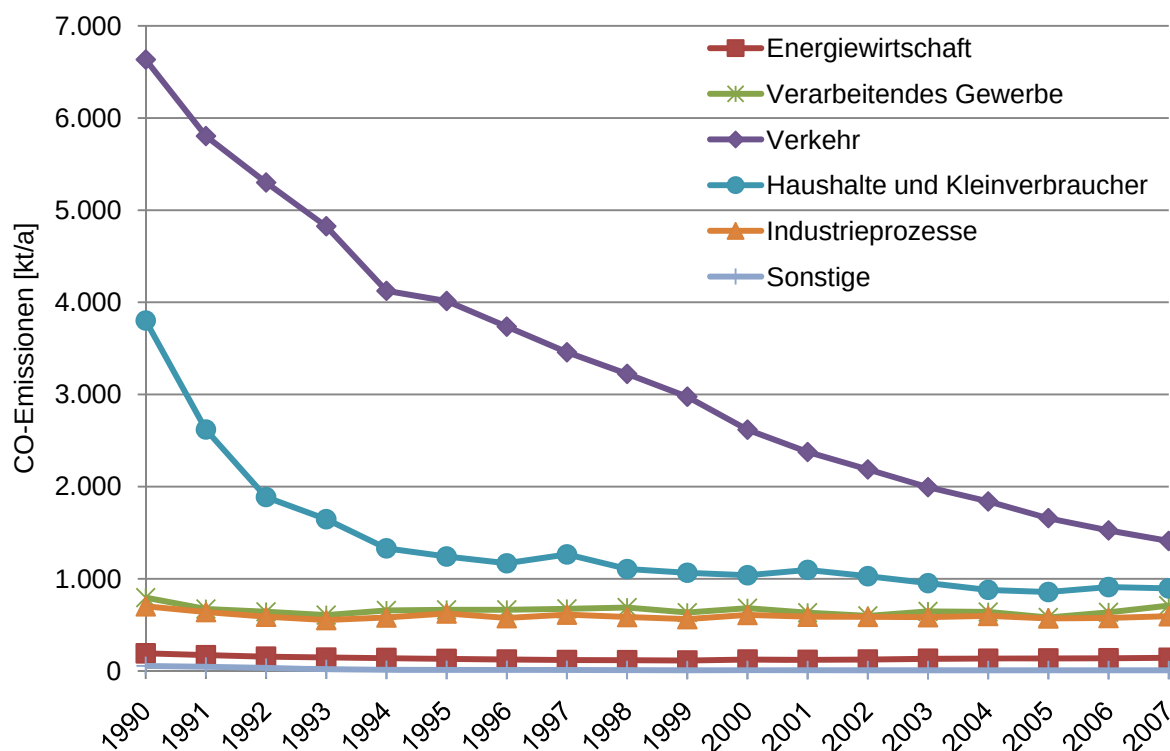


Abbildung 6: Sektorenvergleich der CO-Emissionen in Deutschland [4]

EU27

Ein zeitlicher Sektorenvergleich über die Jahre 1990 bis 2007 ist aufgrund der teilweise unvollständigen Daten der Mitgliedsländer der EU27 für CO nicht möglich. **Abbildung 7** zeigt jedoch für das Jahr 2007 die aktuelle Gewichtung der einzelnen Sektoren. Es ist festzustellen, dass der Personenverkehr in der EU27 einen CO-Emissionsanteil von 26% einnimmt.

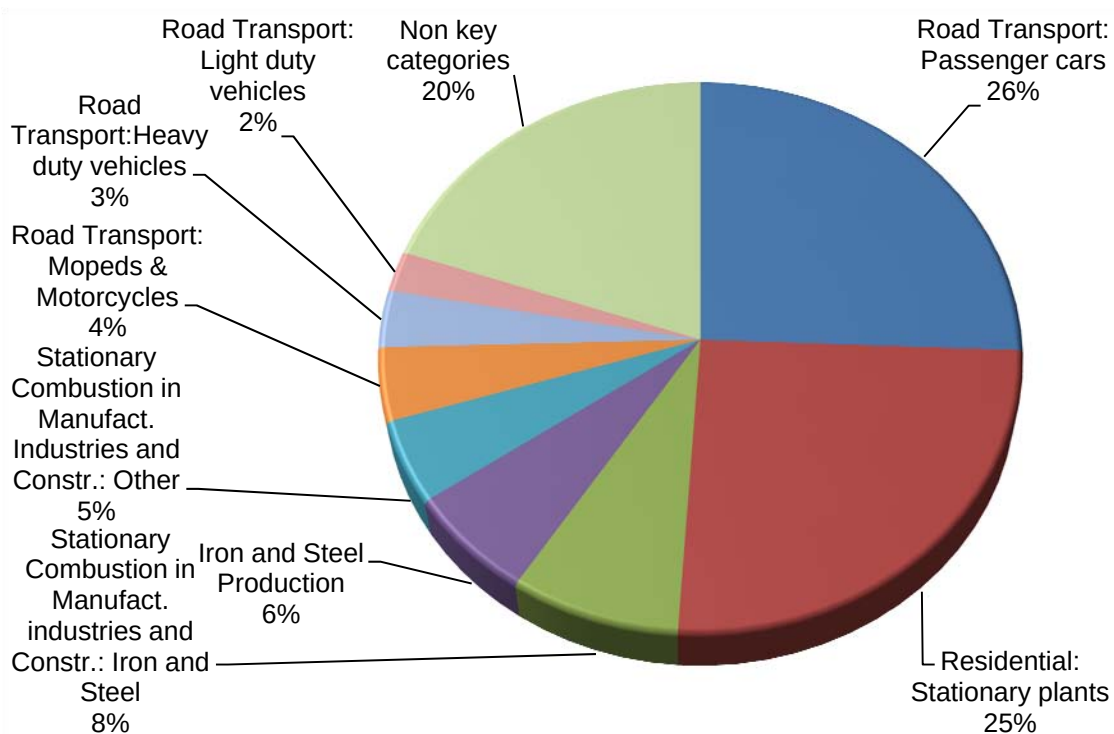


Abbildung 7: Sektorenvergleich der CO-Emissionen in der EU27 für das Jahr 2007 [5]

Wichtige Hinweise zu Abbildung 7:

A complete EU-27 time series 1990–2007 of key category data cannot be presented due to non-reporting of sectoral data by several Member States.

Emissions from '1 A 3 b i — Road transport: passenger cars' for Luxembourg and Malta (2001–2007) were not estimated (NE).

Emissions from '1 A 4 b i — Residential: stationary plants' for Luxembourg (2001–2007) and Malta (2001–2004) were not estimated (NE).

Emissions from '1 A 2 a — Stationary combustion and manufacturing industries and Construction: iron and steel' were reported as being included elsewhere (IE) for the following Member States: Bulgaria (2001), the Czech Republic (2001–2005), Denmark, Cyprus, Italy, Luxembourg (2001–2007), Hungary (2001–2002), Lithuania (2001), Romania (2001–2004) and Slovenia 2007. For Slovenia (2001–2006) emissions were not estimated (NE). Lithuania (2004–2007) and Malta (2001–2007) reported emissions as not occurring (NO).

Emissions from '2 C 1 — Iron and steel production' were reported as being included elsewhere (IE) for the following Member States: Denmark, Finland, Italy, Luxembourg, the Netherlands, Cyprus, Slovakia (2001–2007), Bulgaria, the Czech Republic, Greece, Hungary, Lithuania, Romania, Slovenia (2001–2006) and Poland (2001–2005). For Slovenia (2007) emissions were not estimated (NE). Lithuania (2007) and Malta (2001–2007) reported emissions as not occurring (NO).

Emissions from '1 A 2 f i — Stationary combustion in manufacturing industries and construction: other' for Lithuania (2002–2003) and Luxembourg (2001–2007) were not estimated (NE).

LITERATURVERZEICHNIS

[1] **Geringer, B.:** *Skriptum zur Vorlesung 315.018 - Verbrennungskraftmaschinen Grundzüge*. Wien: Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der TU Wien, 2006. B06006.

[2] **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung:** Digitaler Umweltatlas Berlin. *Berlin.de - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung*. [Online] 2008. [Zitat vom: 14. 11 2008.] http://stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dinh_03.htm.

[3] **Anderl, A. et al:** *Emissionstrends 1990-2007 - Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2009. Report REP-0234, ISBN 978-3-99004-033-1.

[4] **Umweltbundesamt:** *Emissionsentwicklung 1990 - 2007, Treibhausgase, inkl. erweiterte Auswertung und Äquivalentemissionen der Treibhausgase*. Dessau: Umweltbundesamt, 2009.

[5] **EEA:** *European Community emission inventory report 1990–2007 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. Kopenhagen: European Environment Agency, 2009. EEA Technical report No 8/2009, ISBN 978-92-9213-005-3.

4 KOHLENWASSERSTOFFE (HC)

Deutliche Emissionsreduktionen und untergeordnete Bedeutung des Verkehrssektors.

Im Folgenden werden die Umweltwirkungen und Emissionen der Kohlenwasserstoffe in Österreich, Deutschland und EU27 diskutiert.

UMWELTWIRKUNGEN

Die unverbrannten Kohlenwasserstoffe sind eine Stoffgruppe von verschiedensten Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Prinzipiell wird in gesättigte (Gruppe der Alkane: beispielsweise Methan CH_4 , Ethan C_2H_6 , Propan C_3H_8) und ungesättigte (Gruppe der Alkene - früher Olefine, Alkine und Aromaten oder Arene: beispielsweise Ethen C_2H_4 , Ethin C_2H_2 , Benzol C_6H_6) Kohlenwasserstoffe unterschieden. Eine weiterführende Differenzierung ist die Gliederung in kettenförmige oder ringförmige Kohlenwasserstoffe. Je nach chemischer Verbindung ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. HC entsteht bei der unvollständigen Oxidation (Verbrennung). [1]

Auswirkungen auf die Umwelt:

HC trägt zur photochemischen Bildung von bodennahem Ozon bei, da es mit anderen reaktiven Partnern innerhalb mehrerer komplexer Reaktionsschritten die Oxidation von NO zu NO_2 ohne Ozonabbau (O_3) bewirkt. [2]

Das zur Gruppe der unverbrannten Kohlenwasserstoffe zählende Gas Methan gilt als Treibhausgas und wird als 25 mal so wirksam wie CO_2 eingestuft. [3]

Auswirkungen auf den Menschen:

Je nach Verbindung sind vor allem bei aromatischen HC krebserregende Eigenschaften bekannt, andere weisen keine gesundheitsschädlichen Wirkungen auf. [4] Als besonders gesundheitsgefährdend wird der Kohlenwasserstoff Benzol eingestuft, da er zu Knochenmarkschädigung, Leukämie und Lymphdrüsenkrebs führen kann und keine Wirkungsschwelle bekannt ist, unter der es zu keiner Schädigung kommt. [5]

ENTWICKLUNG UND PROGNOSE DER STRASSENVERKEHRSEMISSIONEN

Für die Emissionsentwicklung der Kohlenwasserstoffemissionen ergibt sich ein zur CO-Emission ähnliches Bild. Die HC-Emissionen werden ebenfalls primär von den Ottomotoren bestimmt. Demnach erfolgte ab Einführung der Dreiwegkatalysatoren eine ausgedehnte Reduktion.

ÖSTERREICH

Das sich für den PKW-Verkehr in Österreich ergebende Bild ist in **Abbildung 1** dargestellt. Im Zeitraum 1990 bis 2030 wird eine HC-Emissionsreduktion von 95,9% erreicht. Der primär durch die Ottomotoren realisierte Emissionsrückgang führt zu einer steigenden Bedeutung des Dieselmotors. Der Emissionsanteil steigt von 1% im Jahr 1990 auf 39,9% im Jahr 2030.

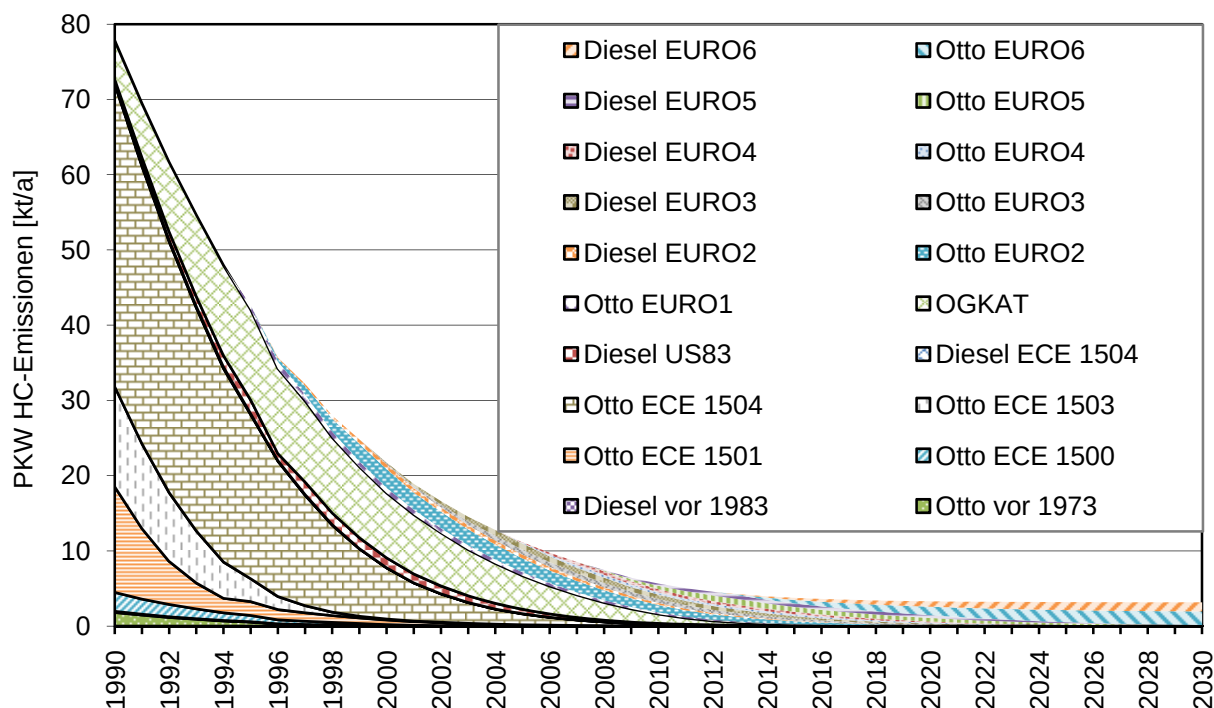


Abbildung 1: Entwicklung und Prognose der PKW HC-Emissionen in Österreich in kt/a

Der sinkende Bestand an leichten Otto-Nutzfahrzeugen reduziert die Emissionen im Sektor Nutzfahrzeug deutlich. Wie **Abbildung 2** jedoch zu entnehmen ist reichten die gesetzlichen Maßnahmen nicht aus, um das bereits sehr niedrige Emissionsniveau ab 2010 noch weiter abzusenken. Der steigende Bestand an Nutzfahrzeugen und die steigenden Fahrleistungen führen zu einem leichten Anstieg der HC Emissionen, sodass sich im Jahr 2030 ein um nur 66,6% niedrigeres Emissionsniveau gegenüber dem Jahr 1990 einstellt. Mit 2 kt im Jahr 2030 liegen die Emissionen absolut jedoch auf einem sehr niedrigen Niveau. Der Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

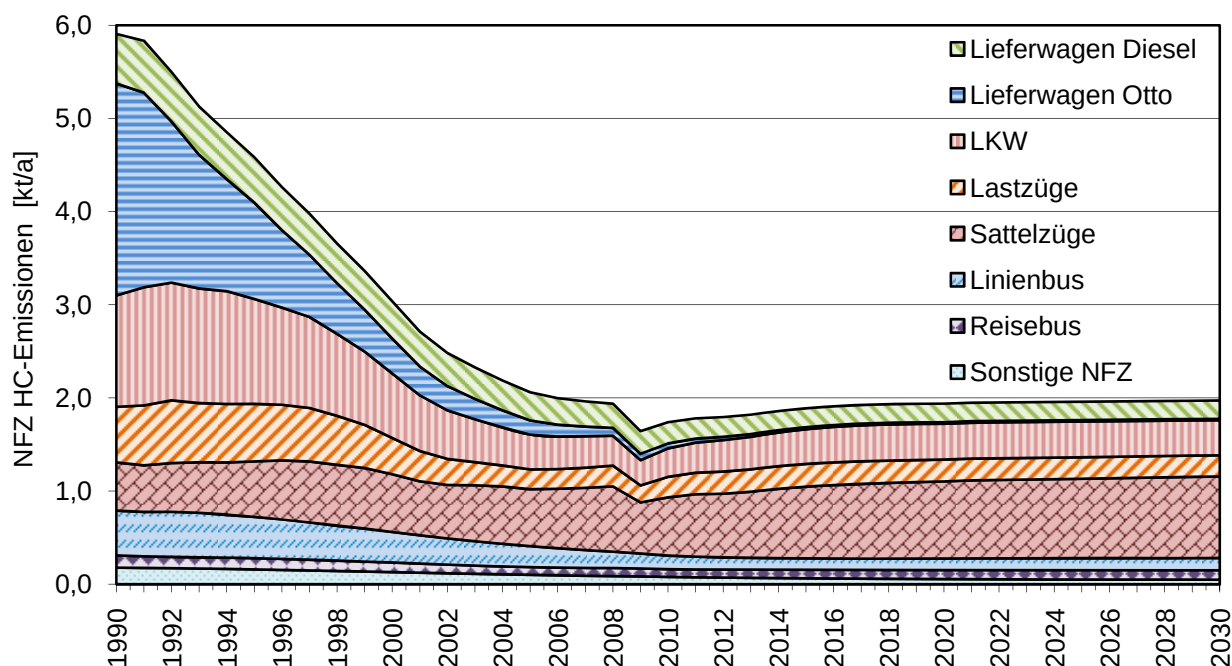


Abbildung 2: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug HC-Emissionen in Österreich in kt/a

Der in **Abbildung 3** wiedergegebene Sektorenvergleich für Österreich bestätigt den Rückgang der verkehrsbedingten CO-Emissionen und zeigt die unterdurchschnittliche Bedeutung des Verkehrssektors auf. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Österreich verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr, sowie Militär sind im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

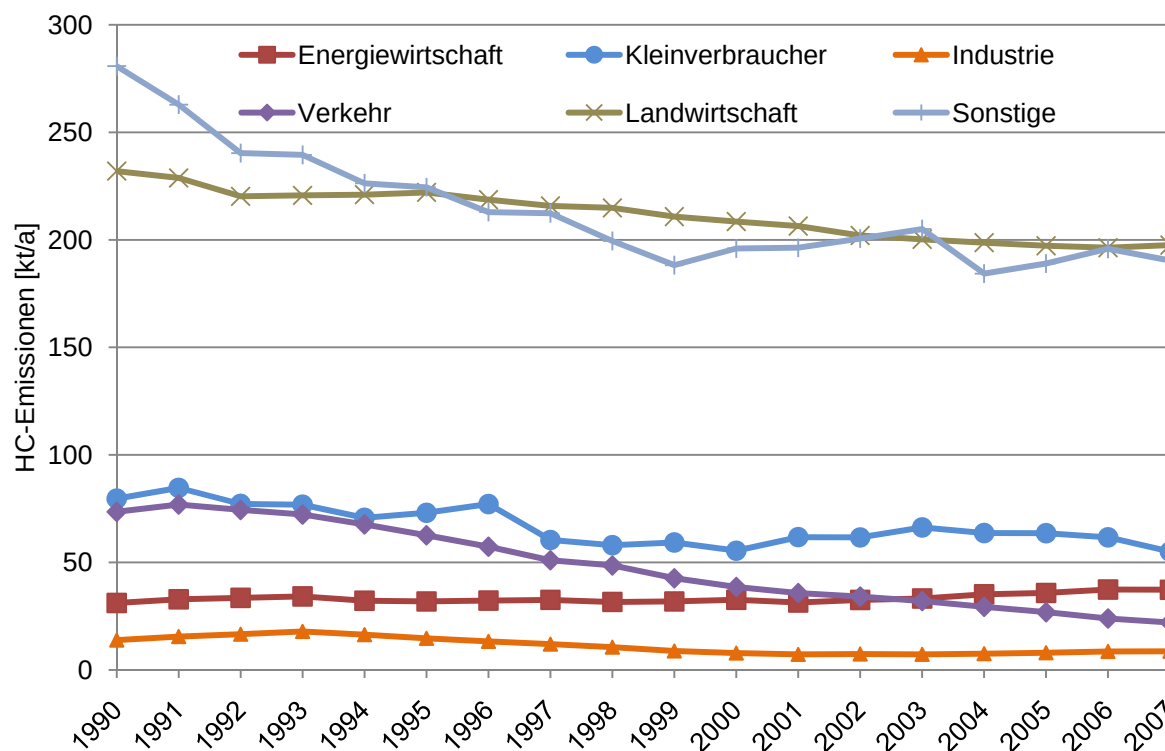


Abbildung 3: Sektorenvergleich der HC-Emissionen in Österreich [6]

DEUTSCHLAND

Wie im Fall von CO ergeben sich für die HC-Emissionen des deutschen Straßenverkehrs - dargestellt in **Abbildung 4** und **Abbildung 5** zu Österreich vergleichbare Entwicklungen. Im Zeitraum 1990 bis 2030 erfolgt im PKW-Sektor eine Emissionsreduktion von 98,3%. Die Reduktion im NFZ-Sektor liegt hier bei 61,7%. Der Einbruch bei den Nutzfahrzeugemissionen im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

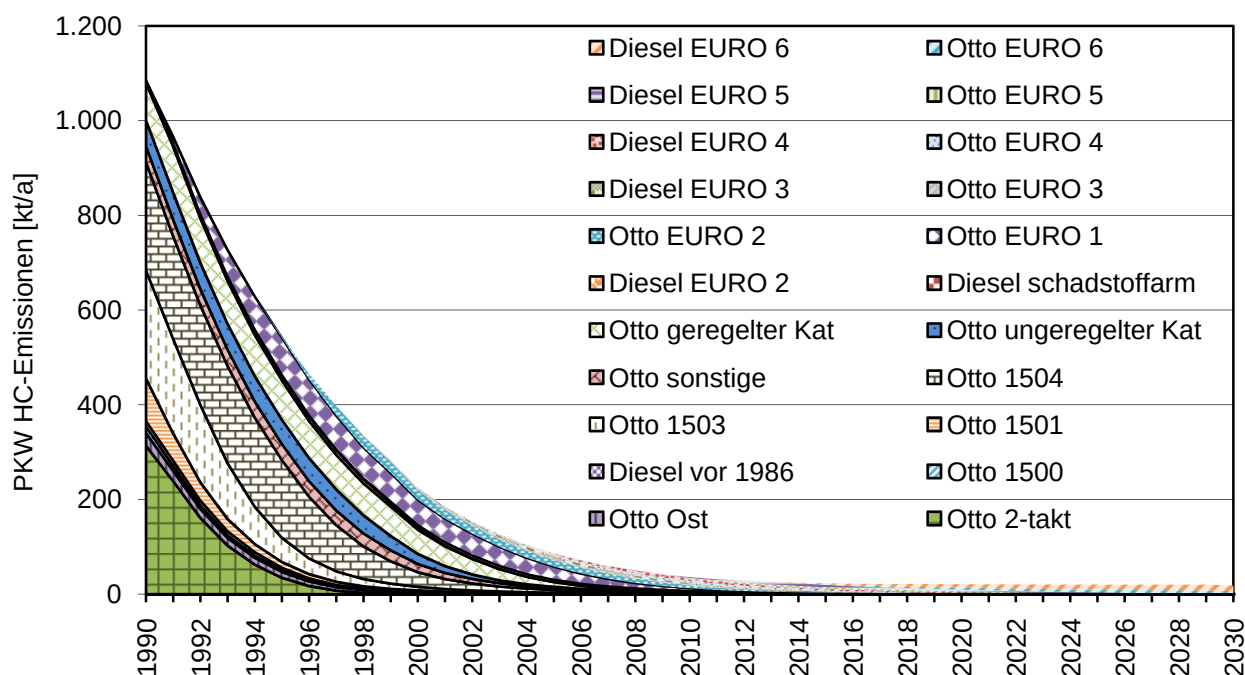


Abbildung 4: Entwicklung und Prognose der PKW HC-Emissionen in Deutschland in kt/a

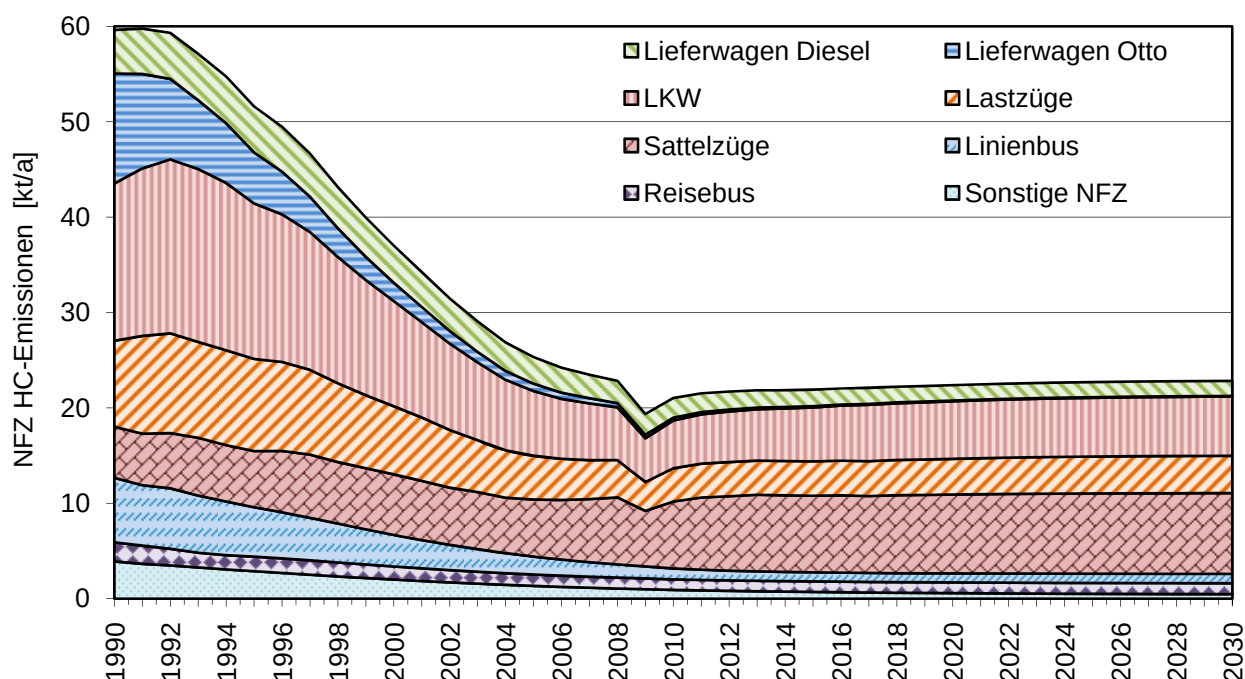


Abbildung 5: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug HC-Deutschland in Deutschland in kt/a

Der in **Abbildung 6** wiedergegebene Sektorenvergleich für Deutschland bestätigt den Rückgang der verkehrsbedingten CO-Emissionen und zeigt die unterdurchschnittliche Bedeutung des Verkehrssektors auf. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Deutschland verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

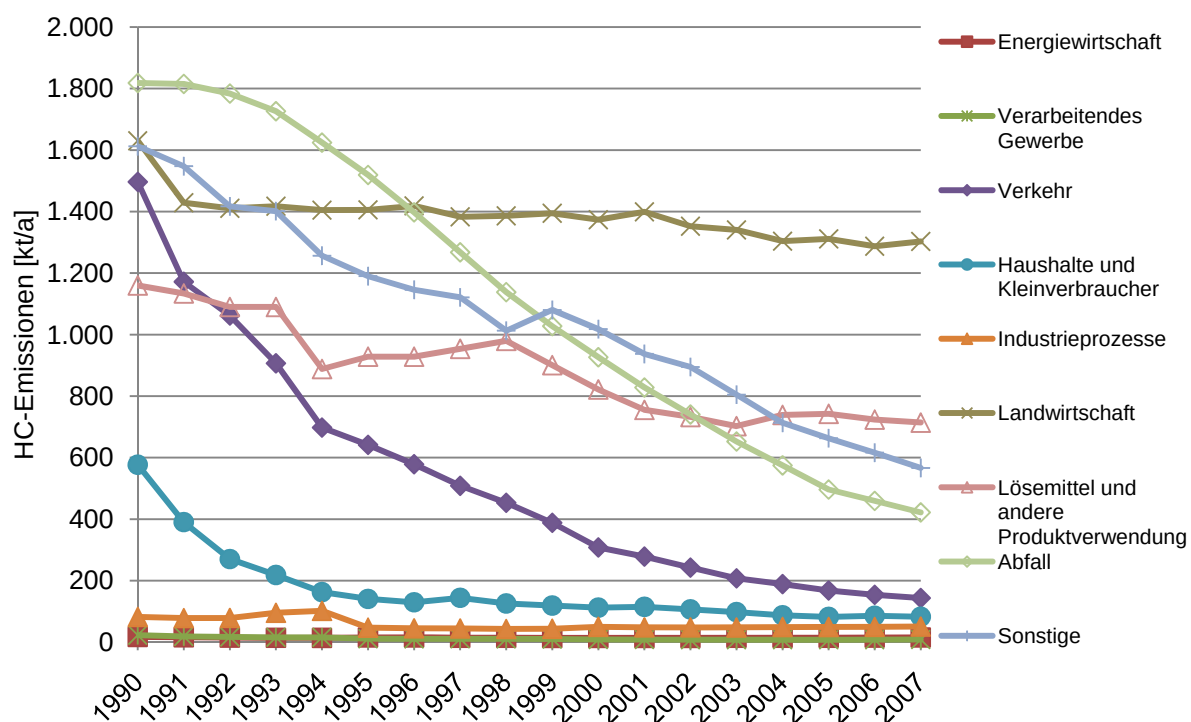


Abbildung 6: Sektorenvergleich der HC-Emissionen in Deutschland [7]

EU27

Ein zeitlicher Sektorenvergleich über die Jahre 1990 bis 2007 ist aufgrund der teilweise unvollständigen Daten der Mitgliedsländer der EU27 nur für CH_4 nicht aber für die NMHC möglich.

Abbildung 17 gibt den Verlauf der CH_4 Emissionen wieder: Es ist festzustellen, dass der Verkehr eine Quelle untergeordneter Bedeutung darstellt.

Abbildung 8 zeigt für das Jahr 2007 die aktuelle Gewichtung der NMHC-Emissionen der einzelnen Sektoren. Hierbei kann festgehalten werden, dass der Personenverkehr mit 8% einen geringen Beitrag leistet.

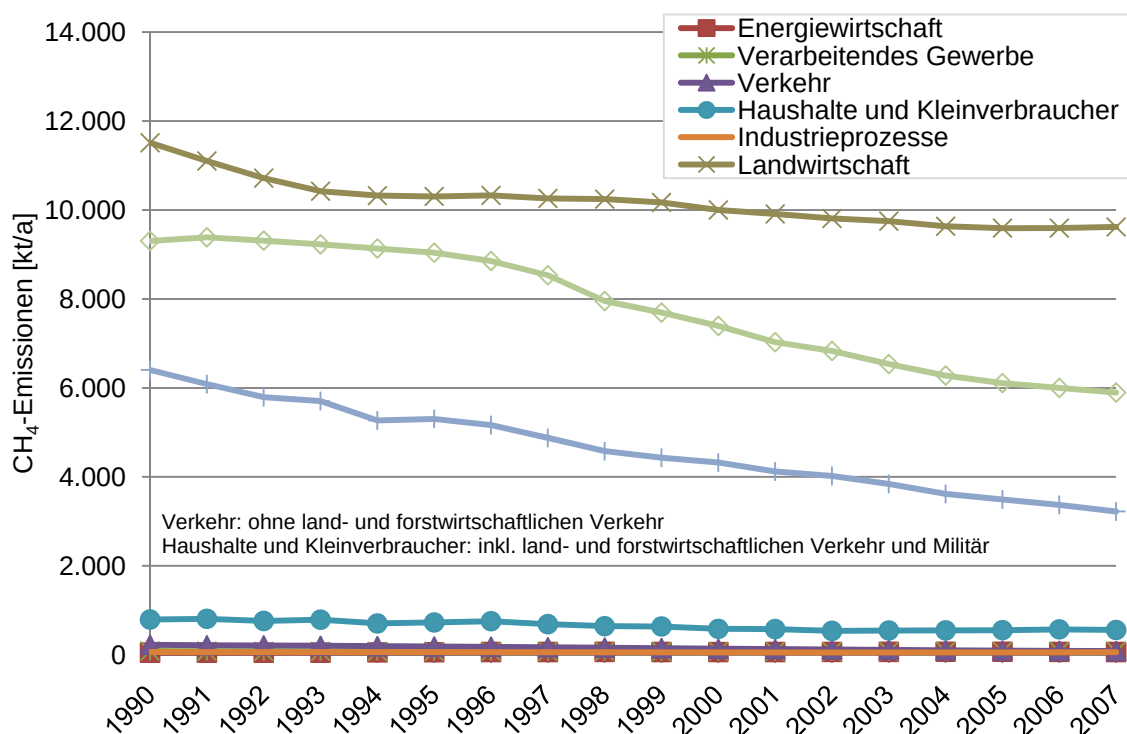
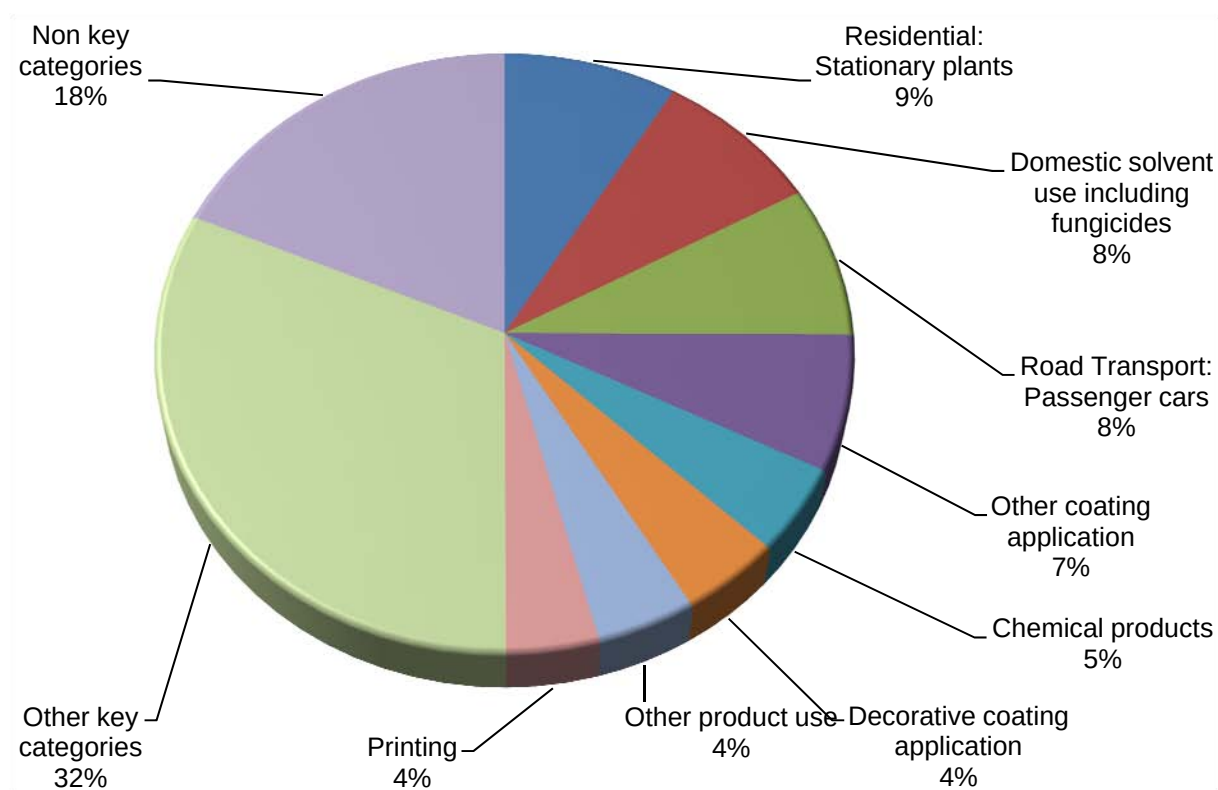
Abbildung 7: Sektorenvergleich der CH₄-Emissionen in der EU27 [8]

Abbildung 8: Sektorenvergleich der NMHC-Emissionen in der EU27 für das Jahr 2007 [9]

Wichtige Hinweise zu Abbildung 8:

A complete EU-27 time series 1990–2007 of key category data cannot be presented due to non-reporting of sectoral data by several Member States.

Emissions from '3 D 2 — Domestic solvent use including fungicides' were reported as being included elsewhere (IE) for the following Member States: Cyprus, Denmark, Italy, Luxembourg, Malta, the Netherlands, Romania, Sweden, the United Kingdom, (2001–2007), Bulgaria, the Czech Republic,

Finland, Greece, Hungary, Lithuania, Slovenia (2001–2006) and Poland (2001–2005). For Bulgaria, 2007 emissions were not estimated (NE). For Slovakia (2001–2007) emissions estimates were not applicable (NA).

Emissions from '3 A 3 — Other coating applications' were reported as being included elsewhere (IE) for Finland, Sweden, Latvia, Malta (2001–2007) and Slovenia (2007). For Austria, France, the United Kingdom (2001–2007) and Hungary (2007) emission estimates were not applicable (NA). Emissions in Spain (2001) were not estimated (NE).

Emissions from '3C Chemical Products' were reported as being included elsewhere (IE) for Greece (2004–2007), Hungary, (2001, 2003) and Malta (2001–2005, 2007). The Netherlands reported emissions as not occurring for 2001–2007 and Hungary for 2004–2006. Hungary reported 2007 emissions as not applicable. Emissions for Lithuania (2001–2007) and Malta (2006) were not estimated (NE).

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Geringer, B.:** *Skriptum zur Vorlesung 315.018 - Verbrennungskraftmaschinen Grundzüge*. Wien: Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der TU Wien, 2006. B06006.
- [2] **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung:** Digitaler Umweltatlas Berlin. *Berlin.de - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung*. [Online] 2008. [Zitat vom: 14. 11 2008.] http://stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dinh_03.htm.
- [3] **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change):** *Climate Change 2007 -The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. New York: Cambridge University Press, 2008. ISBN 978 0521 88009-1.
- [4] **Kippel, P., et al:** Reduzierung hoher Luftschadstoffbelastung an Straßen. *Tagungsband zum 465. FGU-Seminar "Verkehrsbedingte Belastungen durch Benzol, Dieselruß und Stickoxide in städtischen Straßenräumen"*. Berlin: s.n., 1997.
- [5] **Kalker, U.:** Gesundheitliche Bewertung der verkehrsbedingten Schadstoffe Stickoxide, Benzol und Dieselruß-Partikel. *Forum Städte-Hygiene 44*. Frankfurt: Stadtgesundheitsamt Frankfurt - Abteilung Umweltmedizin und Hygiene, 1993.
- [6] **Anderl, A. et al:** *Emissionstrends 1990-2007 - Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2009. Report REP-0234, ISBN 978-3-99004-033-1.
- [7] **Umweltbundesamt:** *Emissionsentwicklung 1990 - 2007, Treibhausgase, inkl. erweiterte Auswertung und Äquivalentemissionen der Treibhausgase*. Dessau: Umweltbundesamt, 2009.
- [8] **Fernandez, R. et al:** *Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2007 and inventory report 2009 (Version 27 May 2009)*. Kopenhagen: European Environment Agency, 2009. Technical report No 04/2009.
- [9] **EEA:** *European Community emission inventory report 1990–2007 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. Kopenhagen: European Environment Agency, 2009. EEA Technical report No 8/2009, ISBN 978-92-9213-005-3.

5 STICKSTOFFOXIDE (NO_x)

Trotz steigender Kraftfahrzeugbestände wurden und werden die Emissionen deutlich reduziert.

Im Folgenden werden die Umweltwirkungen und Emissionen von Stickstoffoxiden in Österreich, Deutschland und EU27 diskutiert.

UMWELTWIRKUNGEN

Der Ausdruck Stickstoffoxide ist ein Sammelbegriff für die gasförmigen Oxide des Stickstoffs (N). Die aus verbrennungsmotorischer Sicht wichtigsten Vertreter dieser Gruppe sind Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂) und Lachgas (N₂O). In der motorischen Verbrennung entstehen Stickstoffoxide fast ausschließlich aus dem Stickstoff und Sauerstoff der zugeführten Luft über hohen Temperaturen. [1]

Auswirkungen auf die Umwelt:

Mit Ausnahme von Lachgas sind Stickstoffoxide Säurebildner und führen über die Bildung von Salpetersäure (HNO₃) zu saurem Regen (Niederschlag mit einem geringeren pH-Wert als in reinem Wasser). Weitere negative Auswirkungen auf die Umwelt sind die Begünstigung der Ozonbildung durch NO₂ unter Einwirkung von UV-Strahlung und die Smog-Bildung. Das im Verbrennungsprozess hauptsächlich entstehende NO wirkt dagegen als Ozonsenke über die Titrationsreaktion $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$. In den Städten sind daher die Ozonkonzentrationen deutlich niedriger als im ländlichen Gebiet. Stickoxide tragen durch die Reaktion mit Ammoniak auch zur Feinstaubkonzentration (als Ammoniumnitrat) bei. [1], [2], [3]

Lachgas zählt zu den Treibhausgasen und ist 298 mal so wirksam wie CO₂. [4]

Auswirkungen auf den Menschen:

Die säurebildenden Eigenschaften von Stickstoffoxiden (ausgenommen N₂O; insbesondere NO₂), führen zur Reizung der Schleimhäute und können damit reversibel die Lungenfunktion beeinträchtigen und Atembeschwerden bei Asthmatikern auslösen. Bei langandauernder erhöhter NO₂-Belastung werden Lunge, Milz, Leber und Blut beeinträchtigt. [1], [5], [6]

ENTWICKLUNG UND PROGNOSE DER STRAßENVERKEHRSEMISSIONEN

Im Vergleich zu den CO- und HC-Emissionen werden die NO_x-Emissionen nach Einführung des Dreiwegekatalysators vorrangig von Dieselmotoren bestimmt. Zudem liegen die NO_x-Emissionen des PKW- und des Nutzfahrzeugsektors etwa auf gleichem Niveau - im Gegensatz zu den CO- und HC-Emissionen, bei denen die Nutzfahrzeugemissionen um eine Größenordnung niedriger sind als jene des PKW-Sektors.

ÖSTERREICH

Trotz umfangreicher Reduktionen der zulässigen Grenzwerte führte der starke Anstieg des PKW-Dieselbestandes zu einer weniger intensiven Emissionsreduktion im Vergleich zu den CO- und HC-Emissionen. **Abbildung 1** gibt diese Entwicklung wieder. Der Rückgang des „Dieselbooms“ und vor allem die sehr strengen Grenzwerte der Abgasgesetzgebungsstufe Euro 6 führen bis zum Jahr 2030 jedoch trotzdem zu einem beachtlichen Emissionsrückgang von 91,5% zwischen 1990 und 2030. Im Jahr 2030 werden in der Prognose die NO_x-Emissionen mit 75,6% von den dieseltreibenden Personenkraftwagen dominiert.

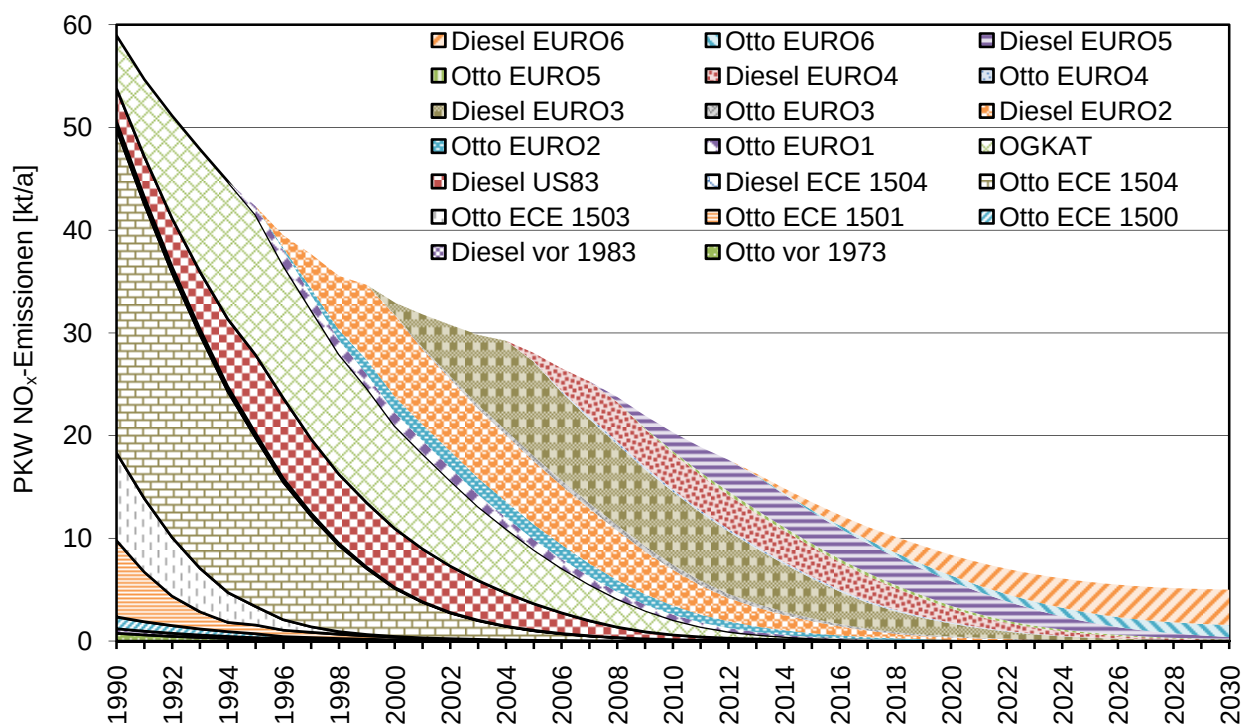


Abbildung 1: Entwicklung und Prognose der PKW NO_x-Emissionen in Österreich in kt/a

Auch die in **Abbildung 2** dargestellte Entwicklung der NO_x-Emissionen des Nutzfahrzeugsektors zeigt die Wirksamkeit der Grenzwerteabsenkungen (insbesondere ab Euro III) auf. Es wird eine Reduktion um 93,5% zwischen 1990 und 2030 erreicht. Der Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

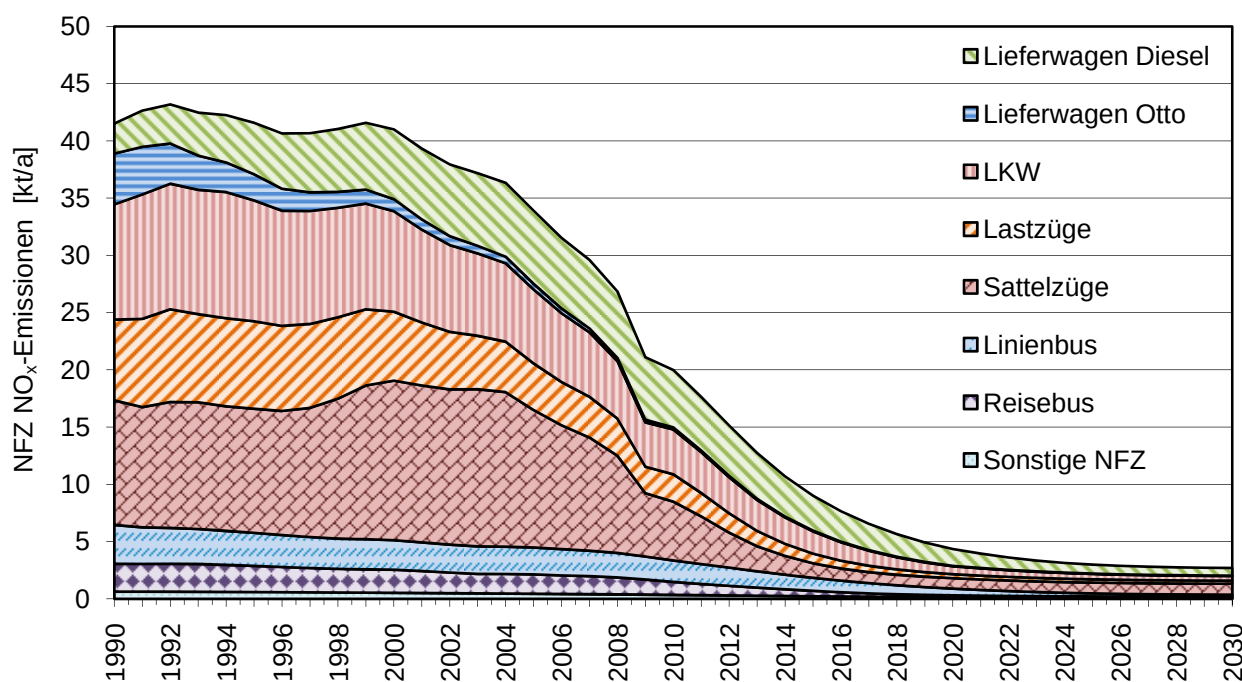


Abbildung 2: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug NO_x-Emissionen in Österreich in kt/a

Der in **Abbildung 3** wiedergegebene Sektorenvergleich für Österreich zeigt ein deutlich anderes Bild, als die im obigen berechneten Emissionsentwicklungen für PKW und NFZ. Der dramatische Verkehrseinfluss ist durch die Berücksichtigung des Tanktourismus zu erklären. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Österreich verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftlichen Verkehr, sowie Militär sind im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

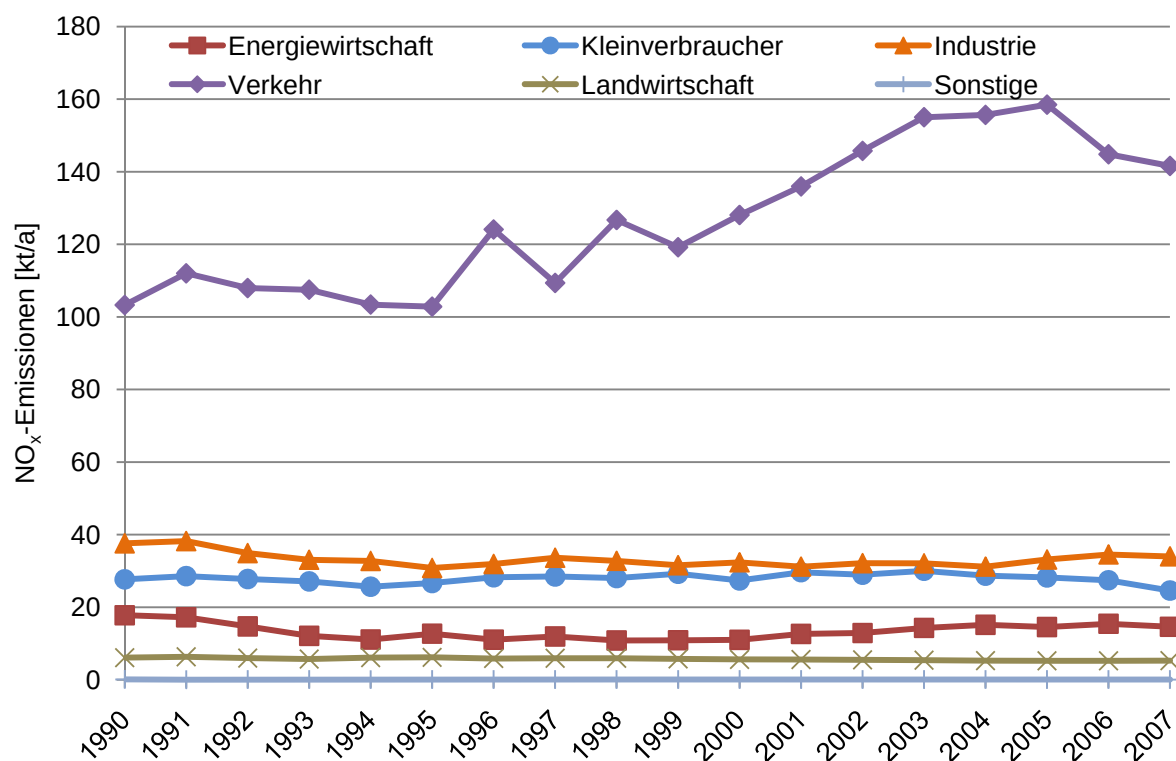


Abbildung 3: Sektorenvergleich der NO_x-Emissionen in Österreich [7]

DEUTSCHLAND

Der sich in für Deutschland darstellende NO_x-Emissionsverlauf des PKW-Sektors, wiedergegeben in **Abbildung 4** lässt erkennen, dass der Dieselboom später und weniger intensiv eingesetzt hat. Insgesamt wird zwischen 1990 und 2030 eine Emissionsreduktion von 94,8% erreicht.

Bei den in **Abbildung 5** wiedergegebenen NO_x-Emissionen des NFZ-Sektors liegt die Reduktion in diesem Zeitraum bei 91,9%. Der Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

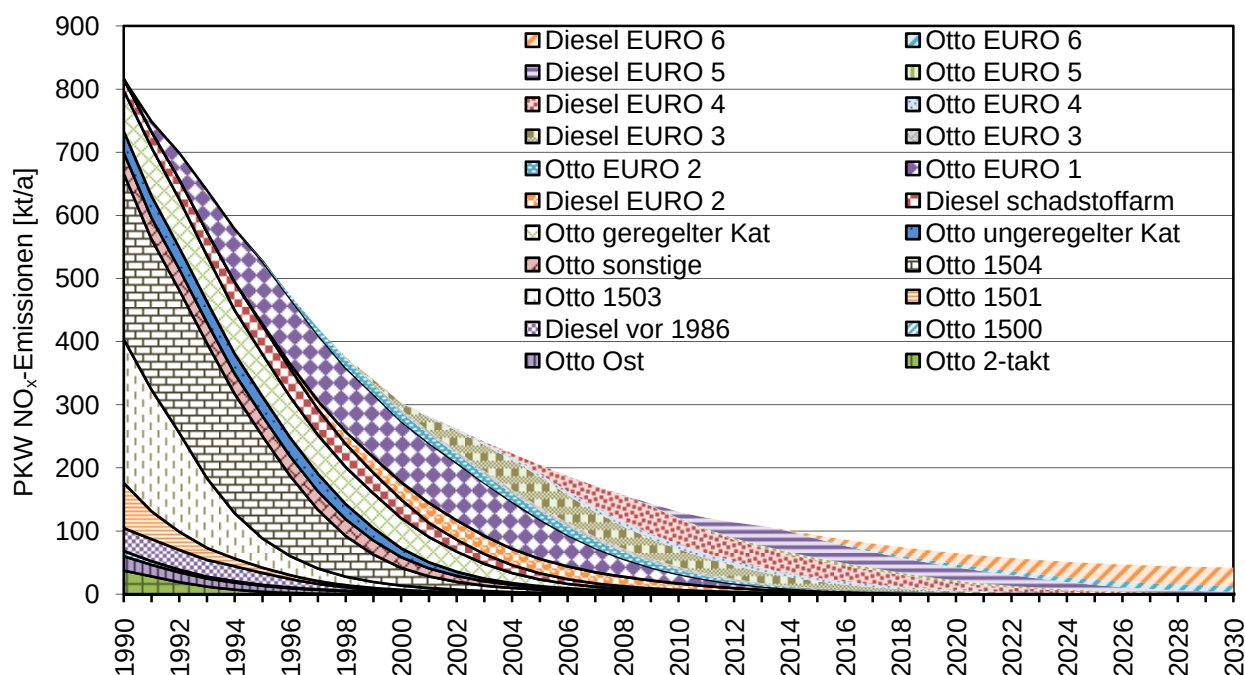


Abbildung 4: Entwicklung und Prognose der PKW NO_x-Emissionen in Deutschland in kt/a

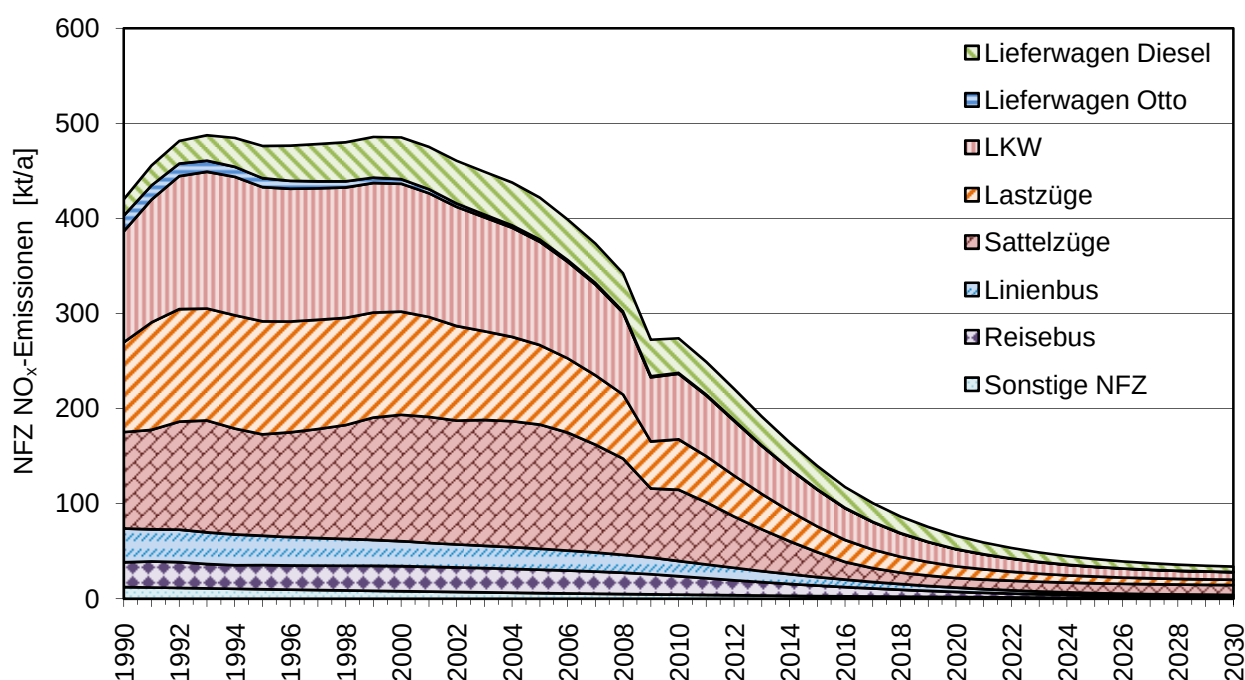
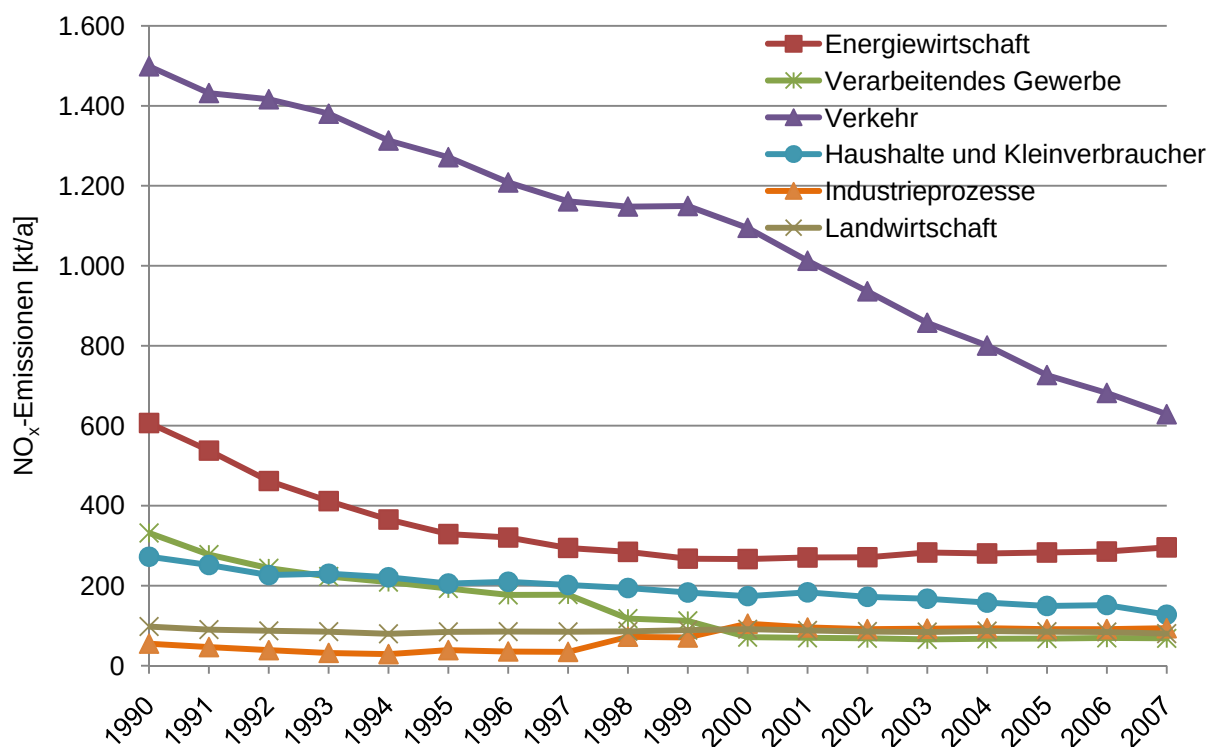
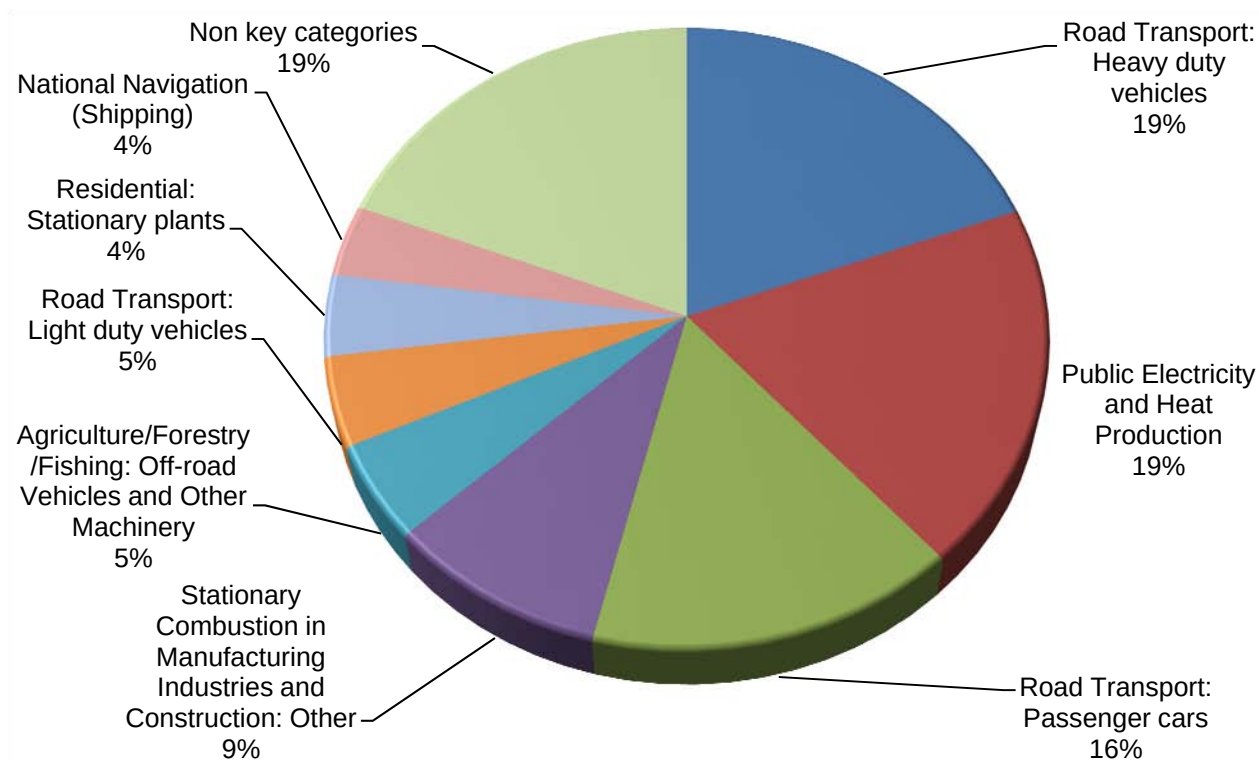


Abbildung 5: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug NO_x-Emissionen in Deutschland in kt/a

Der in **Abbildung 6** wiedergegebene Sektorenvergleich für Deutschland bestätigt den starken Rückgang der NO_x-Emissionen des Verkehrsektors. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Deutschland verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

Abbildung 6: Sektorenvergleich der NO_x-Emissionen in Deutschland [8] EU27

Ein zeitlicher Sektorenvergleich über die Jahre 1990 bis 2007 ist aufgrund der teilweise unvollständigen Daten der Mitgliedsländer der EU27 für NO_x nicht möglich. **Abbildung 7** zeigt jedoch für das Jahr 2007 die aktuelle Gewichtung der einzelnen Sektoren. Es ist festzustellen, dass der Nutzfahrzeugsektor in der EU27 mit 19% den größten Emissionsanteil einnimmt.

Abbildung 7: Sektorenvergleich der NO_x-Emissionen in der EU27 für das Jahr 2007 [9]

Wichtige Hinweise zu Abbildung 7:

A complete EU-27 time series 1990–2007 of key category data cannot be presented due to non-reporting of sectoral data by several Member States.

Emissions from '1 A 3 b iii — Road transport: Heavy duty vehicles' were reported as being included elsewhere (IE) for the following Member States: Bulgaria (2002–2007), the Czech Republic (2002–2005), Greece (2003–2007), Hungary (2002) and Romania (2002–2004).

Emissions from '1 A 2 f i — Stationary combustion in manufacturing industries and construction: other' for Luxembourg (2007) and Lithuania (2002–2003) were not estimated (NE).

Emissions from '1 A 4 c ii — Agriculture / forestry / fishing: off-road vehicles and other machinery' were reported as being included elsewhere (IE) for the following Member States: Bulgaria, Hungary (2003–2007) and Slovakia (2002–2007). For Malta (2000–2003) and Luxembourg (2007) emissions were not estimated (NE) and Latvia reported not occurring (NO) for 2002.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Geringer, B.:** *Skriptum zur Vorlesung 315.018 - Verbrennungskraftmaschinen Grundzüge*. Wien: Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der TU Wien, 2006. B06006.
- [2] **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung:** Digitaler Umweltatlas Berlin. *Berlin.de - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung*. [Online] 2008. [Zitat vom: 14. 11 2008.] http://stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dinh_03.htm.
- [3] **Spangl, W., et al:** *Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2006*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2007. ISBN 3-85457-902-0, REP-0104.
- [4] **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change):** *Climate Change 2007 -The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. New York: Cambridge University Press, 2008. ISBN 978 0521 88009-1.
- [5] **Kühling, W.:** Planungsrichtwerte für die Luftqualität. [Hrsg.] Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen. *Schriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen*. 1986, Bd. 4045.
- [6] **Nowak, D., et al:** Luftverschmutzung - Asthma - Atemswegsallergien. Zwischenergebnisse deutsch-deutscher epidemiologischer Studien. *Deutsches Ärzteblatt* 91. 1994, Heft 1/2.
- [7] **Anderl, A. et al:** *Emissionstrends 1990-2007 - Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2009. Report REP-0234, ISBN 978-3-99004-033-1.
- [8] **Umweltbundesamt:** *Emissionsentwicklung 1990 - 2007, Treibhausgase, inkl. erweiterte Auswertung und Äquivalentemissionen der Treibhausgase*. Dessau: Umweltbundesamt, 2009.
- [9] **EEA:** *European Community emission inventory report 1990–2007 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. Kopenhagen: European Environment Agency, 2009. EEA Technical report No 8/2009, ISBN 978-92-9213-005-3.

6 PARTIKEL BZW. FEINSTAUB (PM BZW. PM₁₀)

Die Partikelfiltertechnologie sorgt für ein stark reduziertes Emissionsniveau.

Im Folgenden werden die Umweltwirkungen und Emissionen von Partikel (bzw. Feinstaub) in Österreich, Deutschland und EU27 diskutiert.

UMWELTWIRKUNGEN

Unter dem Begriff PM (aus dem Englischen: Particulate Matter) werden alle flüssigen und festen Bestandteile des Abgases verstanden. Es ist ein komplexes und heterogenes Gemisch mit unterschiedlichster stofflicher Zusammensetzung, welches bei der unvollständigen Verbrennung in der Verbrennungskraftmaschine entsteht. Der mit 60 bis 70% größte Bestandteil der PM-Gruppe ist der als Ruß bezeichnete, unverbrannte elementare Kohlenstoff. Weiters sind unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Sulfate, Schwermetalle u.a. enthalten. [1], [2]

Neben der Kategorisierung der PM nach ihrer Zusammensetzung werden die Partikel in unterschiedliche Größenklassen unterteilt. Die nach Luftqualitätskriterien derzeit wichtigste Größenklasse ist PM₁₀. PM₁₀ wird auch als Feinstaub bezeichnet und beinhaltet alle Teilchen, welche einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der bei einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm einen Abscheidegrad von 50 % aufweist⁵. Der aerodynamische Durchmesser eines Teilchens beliebiger Form, chemischer Zusammensetzung und Dichte ist gleich dem Durchmesser einer Kugel mit der Dichte 1 g/cm³, welche in ruhender oder wirbelfrei strömender Luft dieselbe Sinkgeschwindigkeit hat wie das betrachtete Teilchen. [3]

Abbildung 1 zeigt wie weit Partikel, abhängig von ihrer Größe, in das Atemwegsystem vordringen können. Partikel mit 10 µm dringen maximal bis zum Kehlkopf vor. Partikel der Größenklasse PM_{2,5} (kleiner gleich 2,5 µm) dringen dahingegen bereits bis zu den Bronchien und Bronchiolen vor.

Jene Partikel, die die Härchen der Nase passieren, bzw. die durch den Mund eingeatmet werden, werden zum Großteil wieder ausgeatmet. Partikel, welche bis in die Lunge vordringen, werden mit Hilfe der Flimmerhärchen, welche sich an der Innenoberfläche der Lungenwege befinden, wieder nach außen abtransportiert. Die Teilchen der Größenklasse PM₁ erreichen jedoch aufgrund ihrer Kleinheit die Alveolen, wo es keine Flimmerhärchen gibt und der Abtransport entsprechend verlangsamt wird. Dadurch steigt die Verweildauer und es kann zu einem Übertritt der Partikel in den Blutkreislauf kommen, wodurch das Infektionsrisiko deutlich erhöht wird. [1], [4], [5]

Das Immissionsschutzgesetz-Luft beschränkt den Tagesmittelwert der PM₁₀ Konzentration mit 50 µg/m³ wobei pro Kalenderjahr 25 Überschreitungen zulässig sind. Weiters sieht es einen maximal zulässigen Jahresmittelwert von 40 µg/m³ vor. Parallel dazu ist der Blei-Anteil im PM₁₀ mit 0,5 µg/m³ als Jahresmittelwert limitiert. [7]

Auswirkungen auf die Umwelt:

Feinstaub besteht als Stoffgruppe aus einer Vielfalt von chemischen Komponenten, welche unterschiedlichste Auswirkungen auf die Umwelt haben. Je nach regionaler Zusammensetzung sind die Vor- und Nachteile unterschiedlich. Wirken beispielsweise Sulfat und Nitrat bodenversauernd, so weisen kalziumhaltige Staubanteile kalkende und somit Versauerung puffernde Wirkungen auf. [4]

⁵ Definiert in: Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, ABl. L 163 vom 29.6.1999, S. 41–60

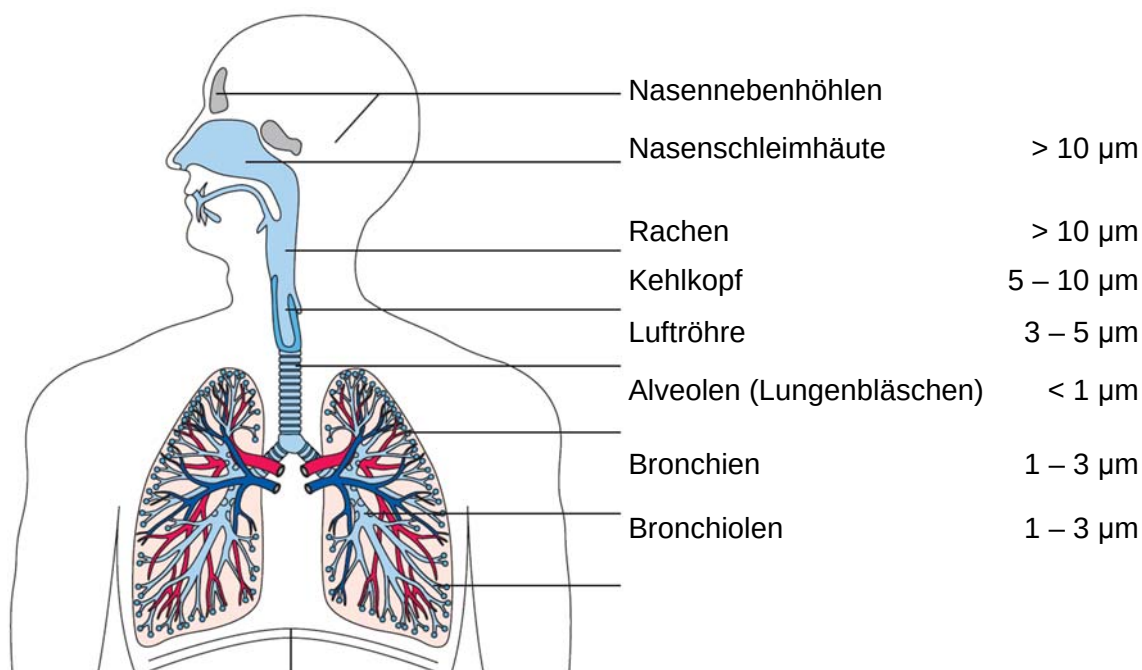


Abbildung 1: Partikel-Abscheidecharakteristik des menschlichen Atemsystems (Grafik von [6]; [1])

Auswirkungen auf den Menschen:

Zahlreiche Studien kommen zu dem Ergebnis, dass Feinstaub gesundheitliche Auswirkungen aufweist. Insbesondere epidemiologische Studien weisen auf Änderungen der Lungenfunktion, Einschränkungen der Leistungsfähigkeit [4] und Beeinträchtigung des Herz-Kreislaufsystems hin. [8] Toxische Kohlenwasserstoffe (Aromaten, Polyzyklen), welche sich an den Partikeln anlagern, werden zum Teil als krebserregend eingestuft. [1]

Die von Feinstaub ausgehende Gesundheitsgefährdung lässt sich durch eine Kombination physikalischer (Einatmung des Staubes an sich) und chemischer (gesundheitsrelevante Anlagerungen) Eigenschaften erklären. Eine umfangreiche Betrachtung ist in [9] zu finden.

ENTWICKLUNG UND PROGNOSE DER STRAßENVERKEHRSEMISSIONEN

Die Emission von Partikeln war bisher ein Thema, welches ausschließlich die dieselmotorischen Kraftfahrzeuge betroffen hat. So war auch bis inkl. Euro 4 für PKW-Ottomotoren kein Grenzwert vorgesehen.

Die Direkteinspritztechnologie im Ottomotor kann jedoch eine Berücksichtigung der Ottomotoren in der Emissionsentwicklung und -prognose erforderlich machen. In einem ersten Ansatz wurden die Wirkungen der Partikelemissionen der direkteinspritzenden PKW-Ottomotoren denen der PKW-Dieselmotoren gleichgesetzt.

Der Anteil an Ottomotoren mit Direkteinspritzung am Otto-PKW-Bestand wurde so abgeschätzt, dass diese Gruppe im Jahr 2005 1% des Bestandes repräsentiert und im Jahr 2030 73% des Otto-PKW-Bestandes darstellt.

ÖSTERREICH

Wie **Abbildung 2** entnommen werden kann, führte der Anstieg des Bestandes an Diesel-PKW zu einem deutlichen Anstieg der Partikelemissionen. Durch die Abgasgesetzgebung erfolgte die Einführung des Partikelfilters, welcher seit den Kraftfahrzeugen der Euro 4-Kategorie zu massiven Reduktionen führte. Durch diese Technologie wird im Zeitraum 1990 bis 2030 eine Emissionsreduktion von 74,2% erreicht.

Anzumerken ist, dass im Jahr 2030 entsprechend der Prognose 36,1% der Partikelemissionen von direkteinspritzenden Otto-PKW verursacht werden.

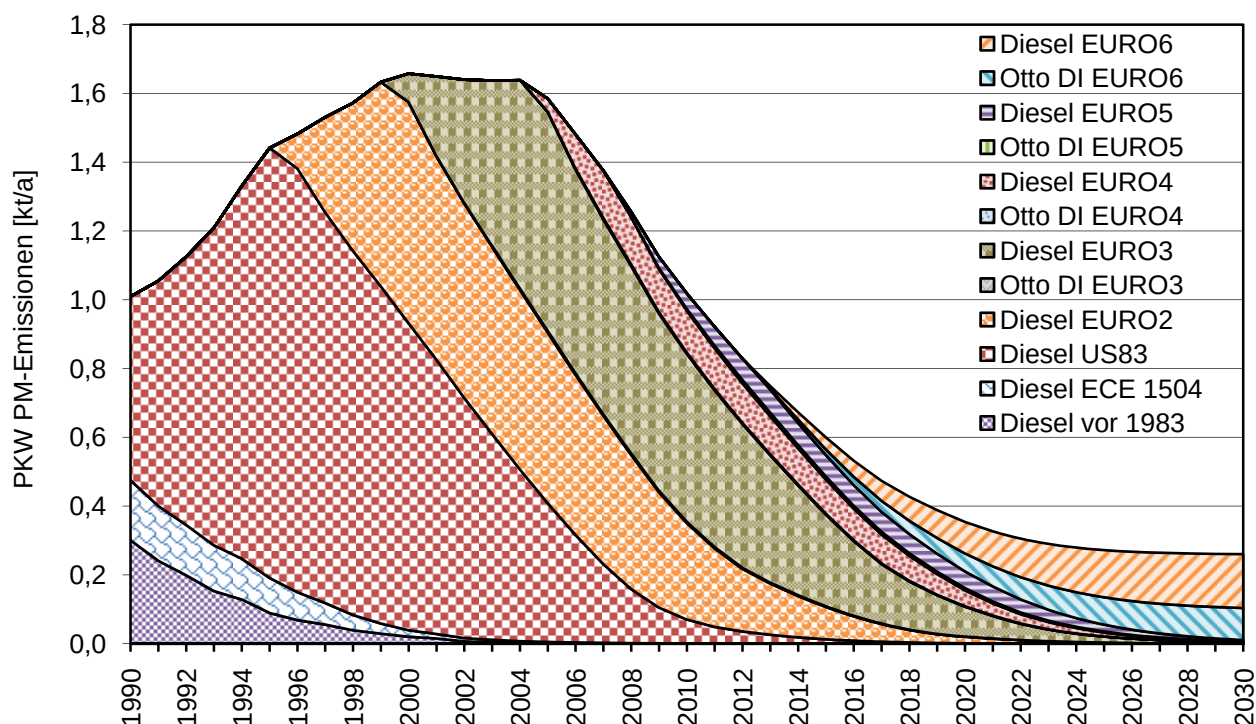
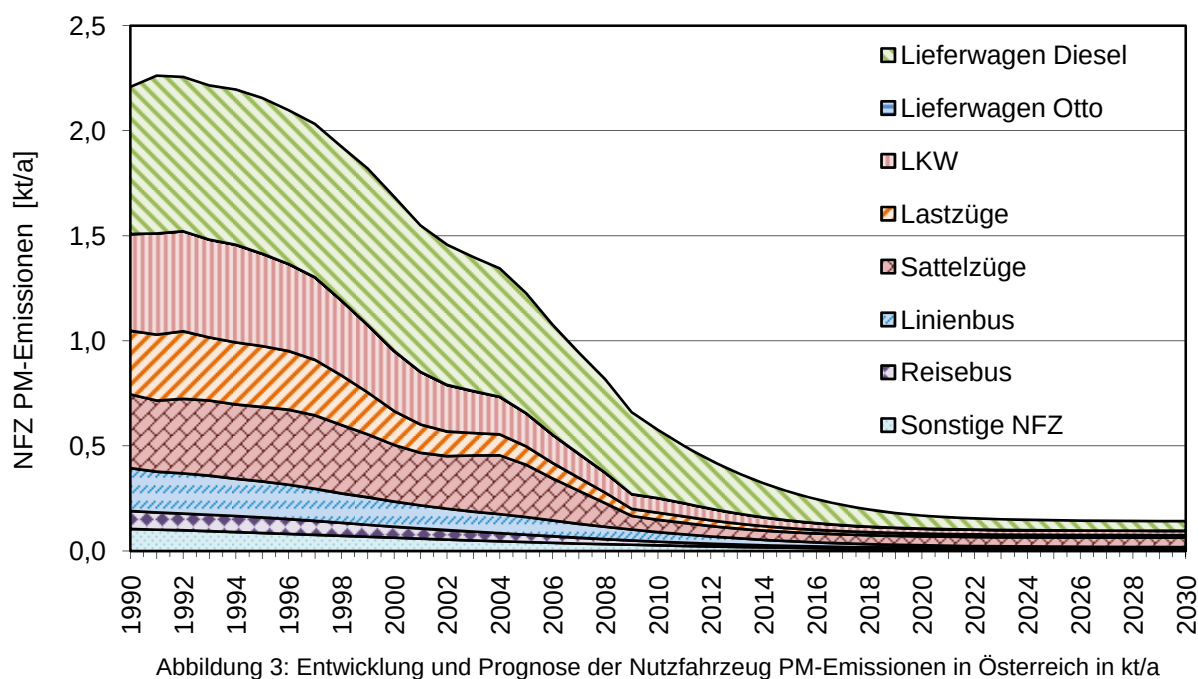


Abbildung 2: Entwicklung und Prognose der PKW PM-Emissionen in Österreich in kt/a

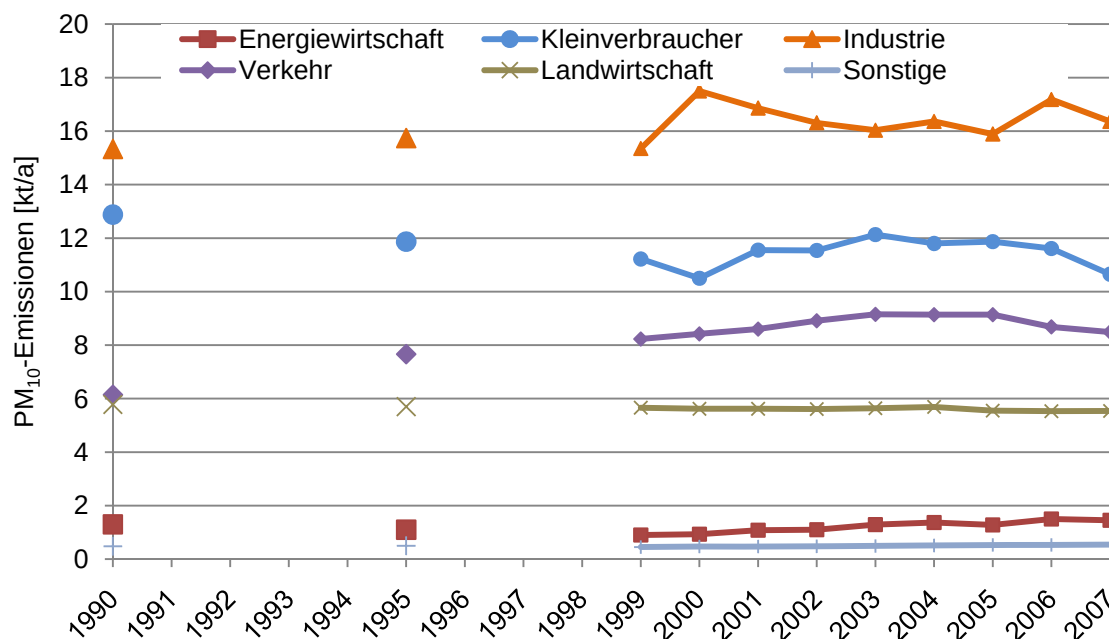
Das Segment der Nutzfahrzeuge unterliegt ebenfalls einer kontinuierlichen Reduktion der Partikelgrenzwerte. Im Gegensatz zum PKW spielen die Partikelemissionen der Ottomotoren mit Direkteinspritzung jedoch eine verschwindende Rolle.

Die Emissionen des Nutzfahrzeugsektors werden in **Abbildung 3** wiedergegeben. Es ist festzustellen, dass die Bestand- und Fahrleistungszunahmen durch die Emissionsreduktionen überkompensiert werden und es daher im Vergleich zum PKW-Sektor zu keinem Emissionsanstieg kommt. Das Emissionsniveau sinkt zwischen 1990 und 2030 um 93,6%. Der Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

Der in **Abbildung 4** wiedergegebene Sektorenvergleich für Österreich zeigt die Relevanz des Verkehrssektors bis heute auf. Aufgrund der in Abbildung 3 wiedergegebenen Berechnungen ist jedoch von einer kontinuierlichen Reduktion des Einflusses auszugehen, sodass andere Sektoren zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Österreich verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.



Die PM-Emissionen des Verkehrssektors in Österreich setzen sich in dieser Abbildung aus den Verbrennungsemissionen und den Emissionen durch Abrieb (Reifen- und Bremsabrieb) und Aufwirbelung zusammen. Die Aufwirbelung von Staub wird seit 2004 in der österreichischen Emissionsinventur berücksichtigt.



DEUTSCHLAND

Der in **Abbildung 5** dargestellte Emissionsverlauf für den Sektor PKW zeigt die Auswirkungen des, im Vergleich zu Österreich späteren und weniger ausgeprägten Anstieges an Diesel-Neuzulassungen. Die sich ergebende Reduktionsrate zwischen 1990 und 2030 liegt bei 82%. Im Jahr 2030 werden 37,3% der Partikelemissionen von direkteinspritzenden Otto-PKW verursacht werden.

Für den in **Abbildung 6** wiedergegebenen Emissionsverlauf des NFZ-Sektor ist ein zu Österreich analoger Trend feststellbar. Im Zeitraum 1990 bis 2030 wird eine Emissionsreduktion von 93,7% erreicht. Der Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

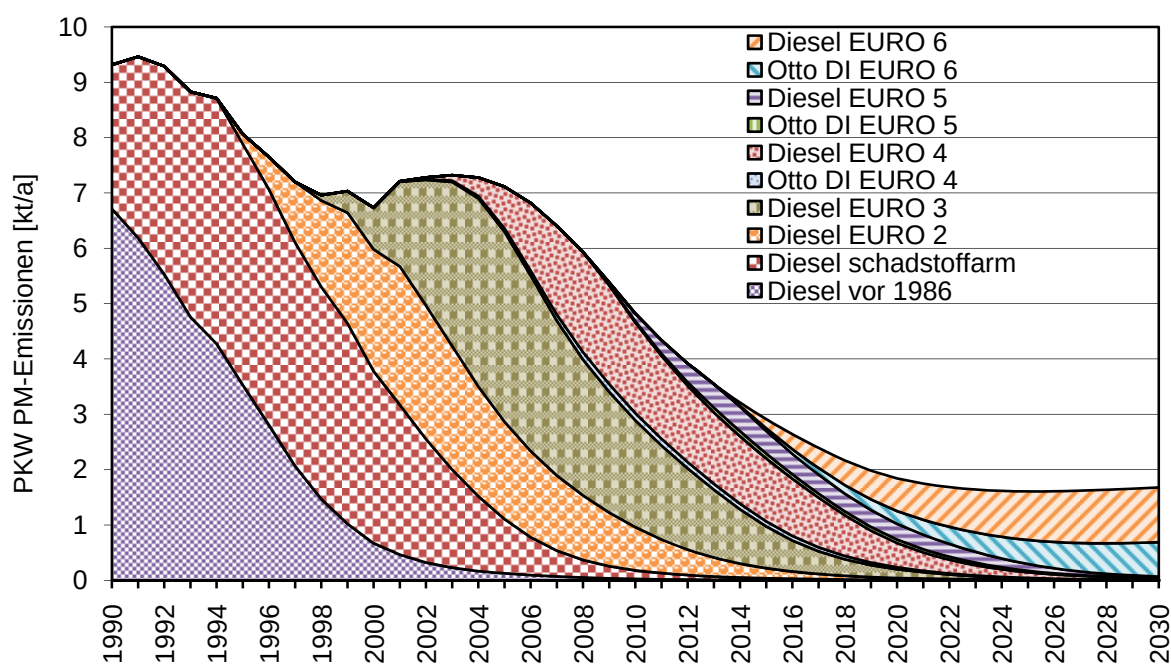


Abbildung 5: Entwicklung und Prognose der PKW PM-Emissionen in Deutschland in kt/a

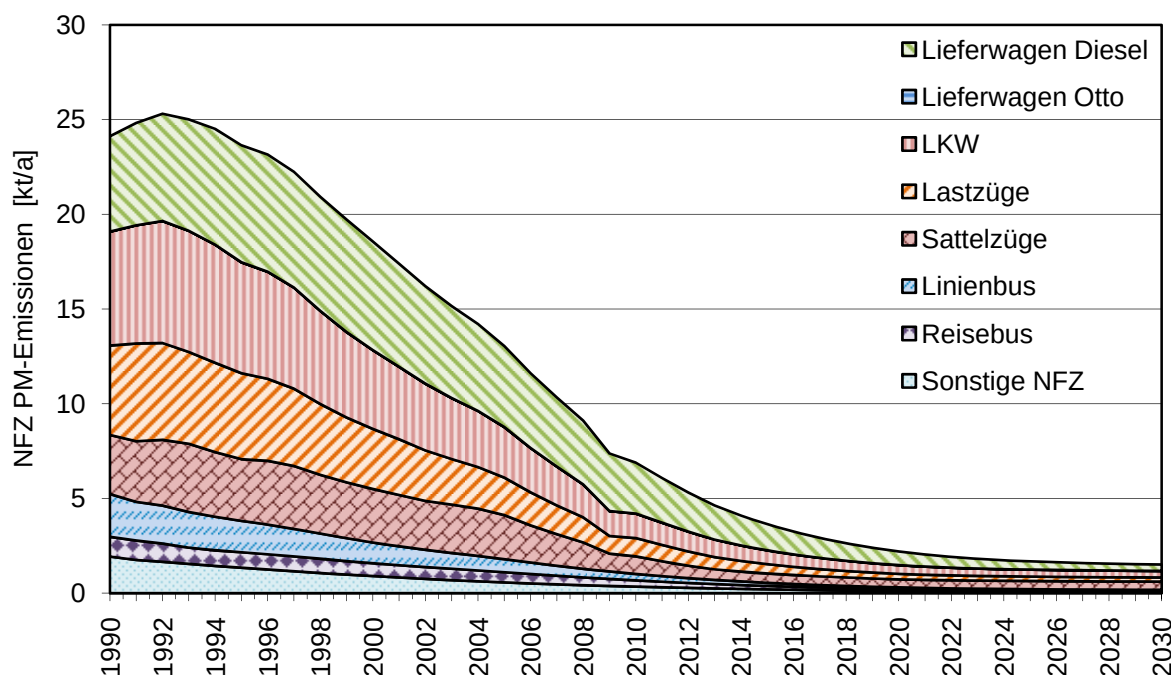


Abbildung 6: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug PM-Emissionen in Deutschland in kt/a

Der in **Abbildung 7** wiedergegebene Sektorenvergleich für Deutschland bestätigt den starken Rückgang des Verkehrseinflusses auf die PM-Emissionen. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Deutschland verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

Die PM-Emissionen des Verkehrssektors in Deutschland beinhalten ebenfalls die Emissionen aus Straßen-, Reifen- und Bremsenabrieb.

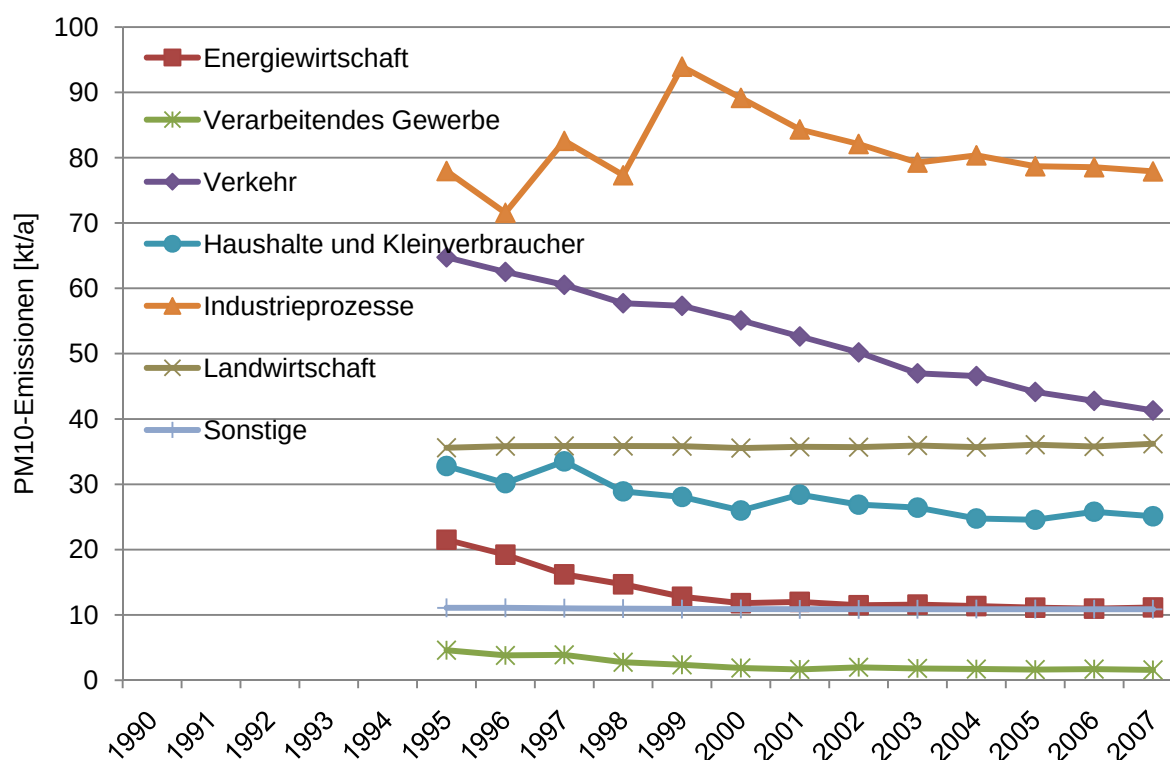


Abbildung 7: Sektorenvergleich der PM₁₀-Emissionen in Deutschland [11]

EU27

Ein zeitlicher Sektorenvergleich über die Jahre 1990 bis 2007 ist aufgrund der teilweise unvollständigen Daten der Mitgliedsländer der EU27 für PM₁₀ nicht möglich. **Abbildung 8** zeigt jedoch für das Jahr 2007 die aktuelle Gewichtung der einzelnen Sektoren. EU-weit ist bereits heute der Personenverkehr von untergeordneter Bedeutung und wird aufgrund der Einführung weiter drastisch an Relevanz verlieren. Eine weitere Reduktion der Feinstaubemissionen kann demnach nur durch die strengere Limitierung anderer Sektoren erfolgen.

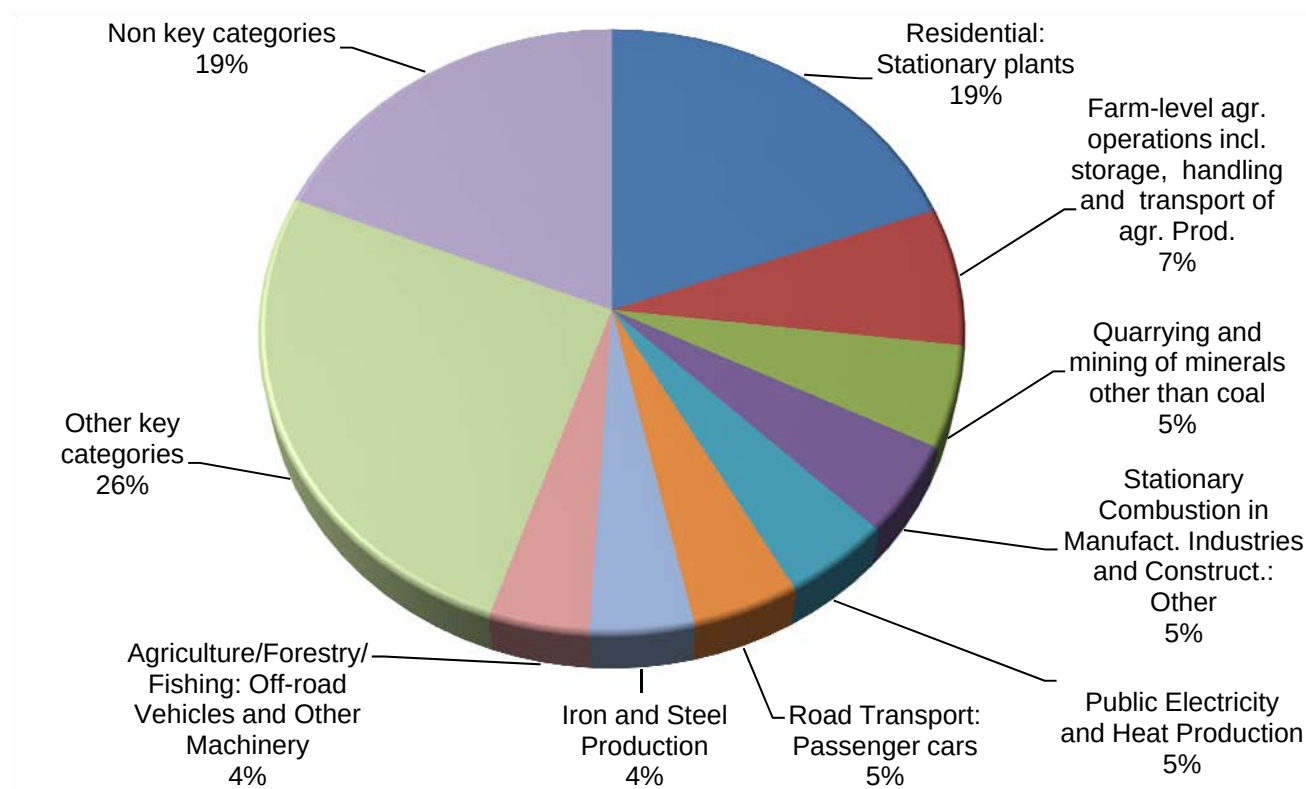


Abbildung 8: Sektorenvergleich der PM₁₀-Emissionen in der EU27 für das Jahr 2007 [12]

Wichtige Hinweise zu Abbildung 8:

Parties to the LRTAP Convention are formally requested to report emissions of particulate matter (PM) only for the years 2000 onwards.

PM₁₀ totals for the EU-27 in the figures above exclude emissions from Bulgaria, the Czech Republic, Greece, Lithuania, Luxembourg, Poland and Romania as sectoral data were not reported by these countries in every year. Emissions from '1 A 4 b i — Residential: stationary plants' for Malta (2003–2004) and Hungary (2000–2001) were not estimated (NE). Emissions for Finland in 2007 were reported as not occurring, Emissions from Malta (2001–2002, 2005–2007) were reported as being included elsewhere.

Emissions from '4 D 2 a — Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products' were only estimated by France, Germany, and Sweden (2000–2007) and by Finland and Slovenia (2007). Other Member States did not report values.

Emissions from '2 A 7 a — Quarrying and mining of minerals other than coal' were only estimated by Austria, Belgium, France, Slovakia, Sweden and the United Kingdom (2000–2007) and Finland (2007). Other Member States did not report values.

Emissions from '1 A 2 f i — Stationary combustion in manufacturing industries and construction: other' were not estimated for Hungary (2000–2001) or Malta (2000). Emissions estimates for Finland (2007) were not applicable (NA).

Emissions from '1 A 1 a — Public electricity and production' for Hungary (2000–2002) were not estimated (NE).

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Geringer, B.:** *Skriptum zur Vorlesung 315.018 - Verbrennungskraftmaschinen Grundzüge*. Wien: Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der TU Wien, 2006. B06006.
- [2] **Merker, G., et al.:** *Verbrennungsmotoren – Simulation der Verbrennung und Schadstoffbildung*. Stuttgart: B.G. Teubner, 2004. ISBN 3-519-16382-9.
- [3] **Umweltbundesamt Deutschland:** *Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM)*. Berlin: Umweltbundesamt Deutschland, 2005.
- [4] **Spangl, W., et al.:** *Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2006*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2007. ISBN 3-85457-902-0, REP-0104.
- [5] **Gehr, P.:** Feinstaub: Ein Teil bleibt in der Lunge – für immer. *Bundesamt für Umwelt BAFU*. [Online] 12. 1 2007. [Zitat vom: 14. 11 2008.] <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/fokus/03233/index.html?lang=de>.
- [6] **Gäbel, P.:** *Atemberaubend*. [Hrsg.] Bosch BKK Gesetzliche Kranken- und Pflegeversicherung. Stuttgart: LexisNexis Deutschland GmbH, 2006. Artikel-Nr. 50 00 18 – 5/06.
- [7] **Nationalrat der Republik Österreich:** Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden (IG-L). *Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich*. 2006, BGBl. I Nr. 115/1997 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 34/2006.
- [8] **Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:** *Auswirkungen der Luftverunreinigungen auf die menschliche Gesundheit. Bericht für die Umweltministerkonferenz*. Bonn: Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1987.
- [9] **Schneider, J., et al:** *Schwebstaub in Österreich*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2006. ISBN 3-85457-787-7, BE-277.
- [10] **Anderl, A. et al:** *Emissionstrends 1990-2007 - Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2009. Report REP-0234, ISBN 978-3-99004-033-1.
- [11] **Umweltbundesamt:** *Emissionsentwicklung 1990 - 2007, Treibhausgase, inkl. erweiterte Auswertung und Äquivalentemissionen der Treibhausgase*. Dessau: Umweltbundesamt, 2009.
- [12] **EEA:** *European Community emission inventory report 1990–2007 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. Kopenhagen: European Environment Agency, 2009. EEA Technical report No 8/2009, ISBN 978-92-9213-005-3.

7 KOHLENSTOFFDIOXID (CO₂)

Nach den umfassenden Reduktionen der gesundheitlich bedenklichen gesetzlich limitieren Emissionen (CO, HC, NO_x und PM) stellt die Senkung der CO₂-Emissionen die Herausforderung der nächsten Jahre dar.

Im Folgenden werden die Umweltwirkungen und Emissionen von Kohlenstoffdioxid in Österreich, Deutschland und EU27 diskutiert.

UMWELTWIRKUNGEN

Kohlenstoffdioxid ist ein farb- und geruchloses, nicht giftiges Gas. Es entsteht bei Lebewesen durch die Zellatmung, bei der Verbrennung von Kohlenstoff, bei der Gärung oder bei Fäulnisprozessen und einer Vielzahl weiterer natürlicher Prozesse. [1]

Auswirkungen auf die Umwelt:

CO₂ zählt neben Wasserdampf, Methan, Lachgas und weiteren, mengenmäßig untergeordneten Gasen zur Gruppe der Treibhausgase. Treibhausgase verhindern die Rückstrahlung eines Teiles der Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) der Sonne und sorgen so dafür, dass die Erdoberfläche eine durchschnittliche Temperatur von 15°C aufweist. Ohne diese absorbierende Wirkung läge das Temperaturniveau bei -18°C.

Es besteht jedoch der Verdacht, dass die anthropogenen (durch den Menschen verursachten) Treibhausgasemissionen das natürliche Gleichgewicht stören und dadurch eine überdurchschnittliche Temperaturerhöhung der Erdatmosphäre bewirkt werden könnte. [1]

Auswirkungen auf den Menschen:

CO₂ kann in höheren Konzentrationen beispielsweise in Weinkellern im Zuge des Gärungsprozesses entstehen. Da Kohlenstoffdioxid schwerer ist als Luft, füllt es Räume vom Boden aufwärts. Hat die CO₂-Schicht eine Höhe erreicht, in der das Gas eingeatmet wird, (z.B. durch Sturz auf den Boden) führt dies mangels Sauerstoff zum Erstickungstod. [1]

Ab einer Konzentration von 6% in der Atemluft sind erste Auswirkungen auf den menschlichen Körper zu erwarten, [2] ab einem Wert von 10% kann es zum Erstickungstod kommen. [3]

ENTWICKLUNG UND PROGNOSE DER STRAßENVERKEHRSEMISSIONEN

Die Kohlenstoffdioxidemissionen und der Verbrauch eines Kraftfahrzeuges mit Verbrennungsmotor stehen in einem direkten mathematischen Zusammenhang, sodass die folgenden Aussagen über die zeitliche Entwicklung für den Verbrauch als auch für die CO₂-Emissionen in gleicher Weise gelten.

In den untenstehenden Berechnungen wurden für den Vergleich mit den Verbrauchswerten der Vergangenheit CO₂-Gutschriften von Biokraftstoffen nicht berücksichtigt.

Das bei Betrachtung des gesamten Lebensweges realisierbare Treibhausgasreduktionspotenzial verschiedener Kraftstoffe wird ausführlich in [4] und [5] diskutiert. Wird davon ausgegangen, dass die verwendeten Biokraftstoffe nur in der Well-to-Tank-Phase (vom Anbau des Rohstoffes bis zur Tankstelle) Emissionen verursachen und in der hier betrachteten Tank-To-Wheels-Phase (von der Tankstelle bis zum Auspuff des

Kraftfahrzeuges) emissionsfrei¹ sind, können direkt die gesetzlich vorgeschriebenen Beimischungsquoten als CO₂-Vorteil abgezogen werden.

Die aus heutiger Sicht zu erwartenden Beimischungsvorgaben können [6] entnommen werden. Für 2020 wird darin eine 10%-ige Substitution mit Biokraftstoffen angeführt und dementsprechend ein CO₂-Vorteil im gleichen Ausmaß erreicht (nur Tank-To-Wheel).

ÖSTERREICH

Im PKW-Segment wurden in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte im Bereich des Kraftstoffverbrauchs, der Fahrzeugsicherheit und dem Komfort gemacht. Die Erhöhung der Fahrzeugsicherheit und des Komforts führten jedoch zu einer kontinuierlichen Gewichtserhöhung der PKW, sodass der motorisch generierte Verbrauchsvorteil nur im eingeschränkten Maße auf der Straße real umgesetzt werden konnte.

Daraus folgte, dass mit steigendem Bestand und steigender Fahrleistung die CO₂-Emissionen, wie in **Abbildung 1** dargestellt, bis 2009 ebenfalls zugenommen haben. Mit Einführung einer gesetzlichen Reglementierung der zulässigen durchschnittlichen CO₂-Emission pro PKW wird mit dieser Entwicklung gebrochen, sodass im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 1990 eine Reduktion von 5,2% zu erwarten ist. Im Jahr 2030 werden 51,3% der CO₂-Emissionen durch Diesel-PKW verursacht.

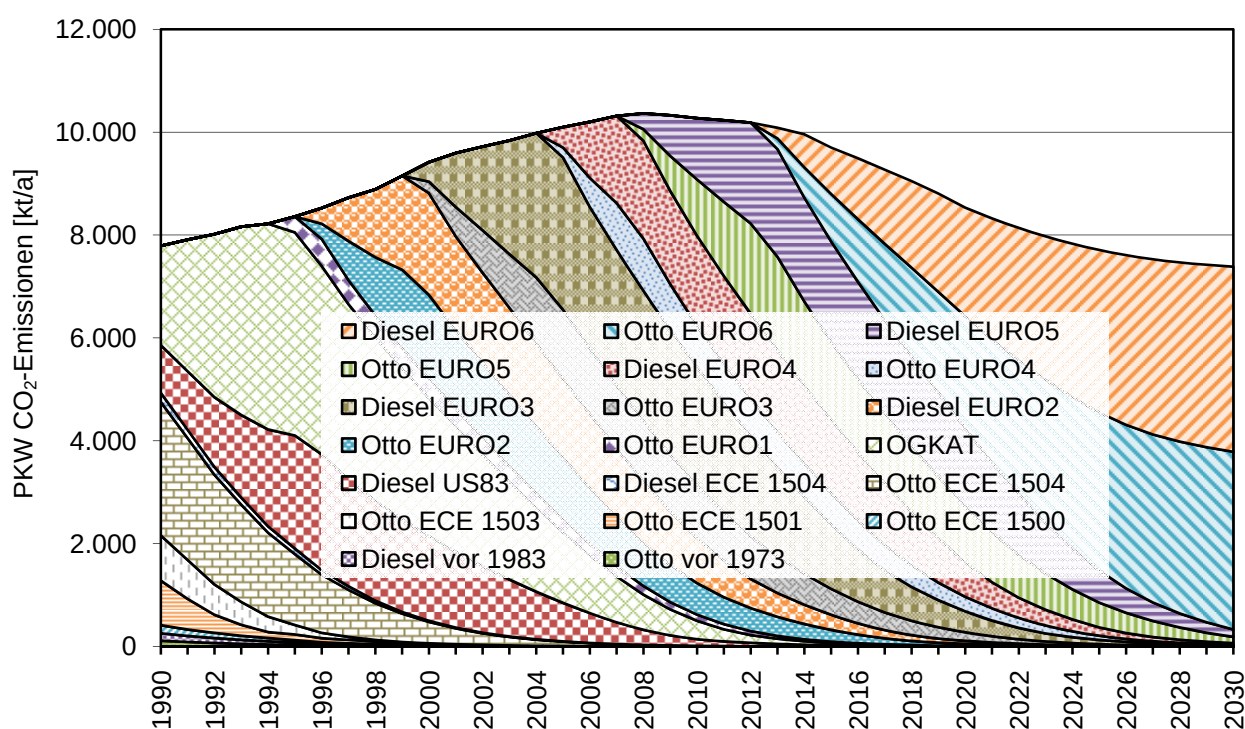


Abbildung 1: Entwicklung und Prognose der PKW CO₂-Emissionen in Österreich in kt/a

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen im Nutzfahrzeugsegment zeigt ein abweichendes Bild. Der starke Bestands- bzw. Fahrleistungsanstieg der leichten Diesel-Nutzfahrzeuge und der Sattelzüge kann durch Verbrauchsoptimierungen nicht kompensiert werden, sodass es, wie in **Abbildung 2** dargestellt, zu einem stetigen Anstieg der CO₂-Emissionen kommt. Der

¹ Ansatz: Die am Auspuff abgegebenen CO₂-Emissionen entsprechen dem während des Pflanzenwachstums gebundenen CO₂.

Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

Eine gesetzliche Verbrauchs- bzw. CO₂-Vorgabe ist für neue Nutzfahrzeuge bis dato nicht geplant. Dies führt im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 1990 zu 60,5% höheren CO₂-Emissionen. Es erfolgt eine Vervierfachung der CO₂-Emissionen im Sektor der leichten Diesel-NFZ und eine Verdoppelung im Segment der Sattelzüge.

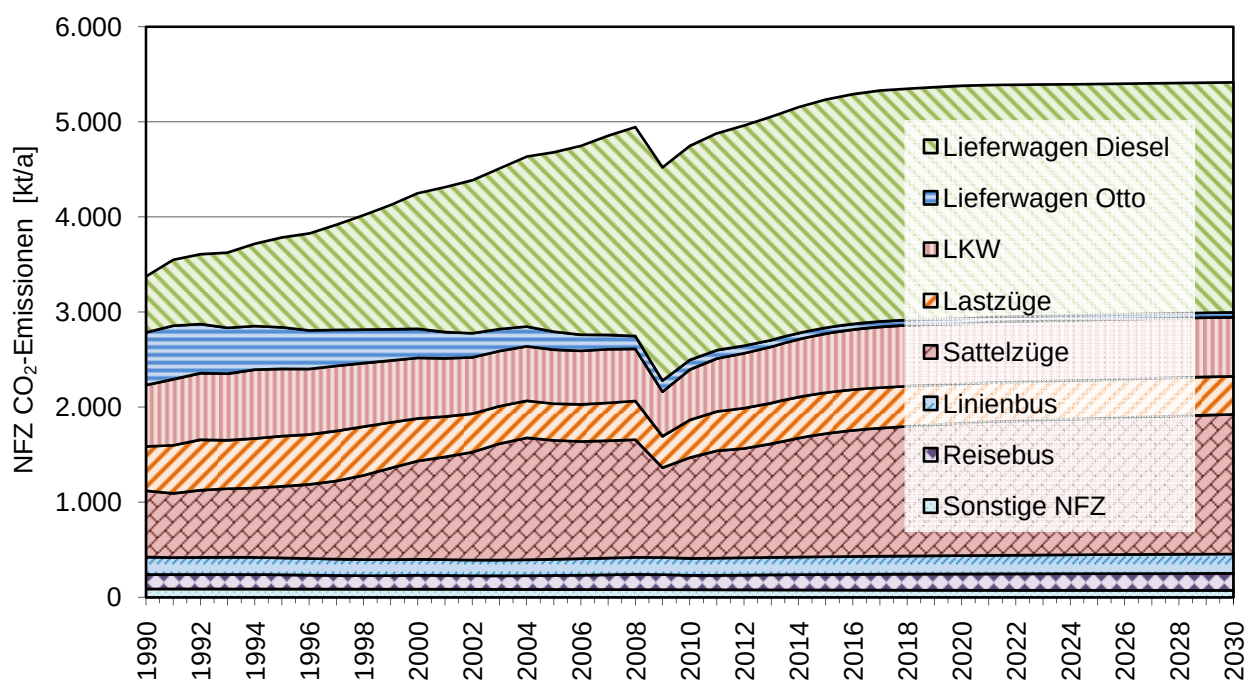
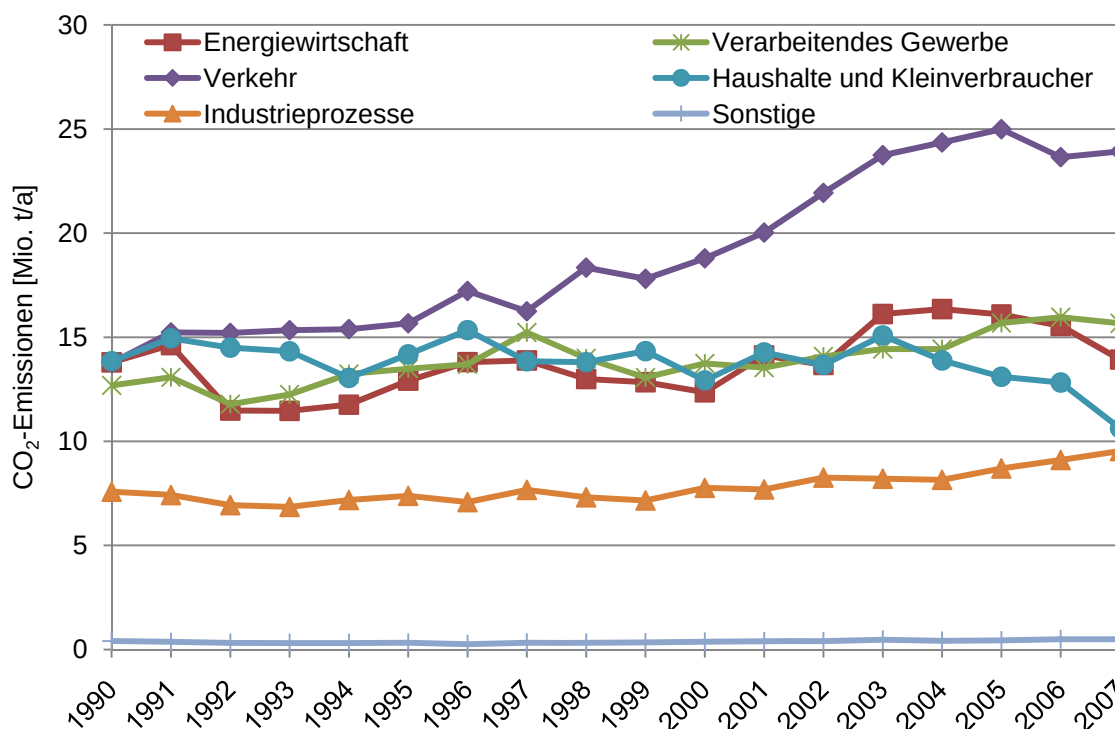


Abbildung 2: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug CO₂-Emissionen in Österreich in kt/a

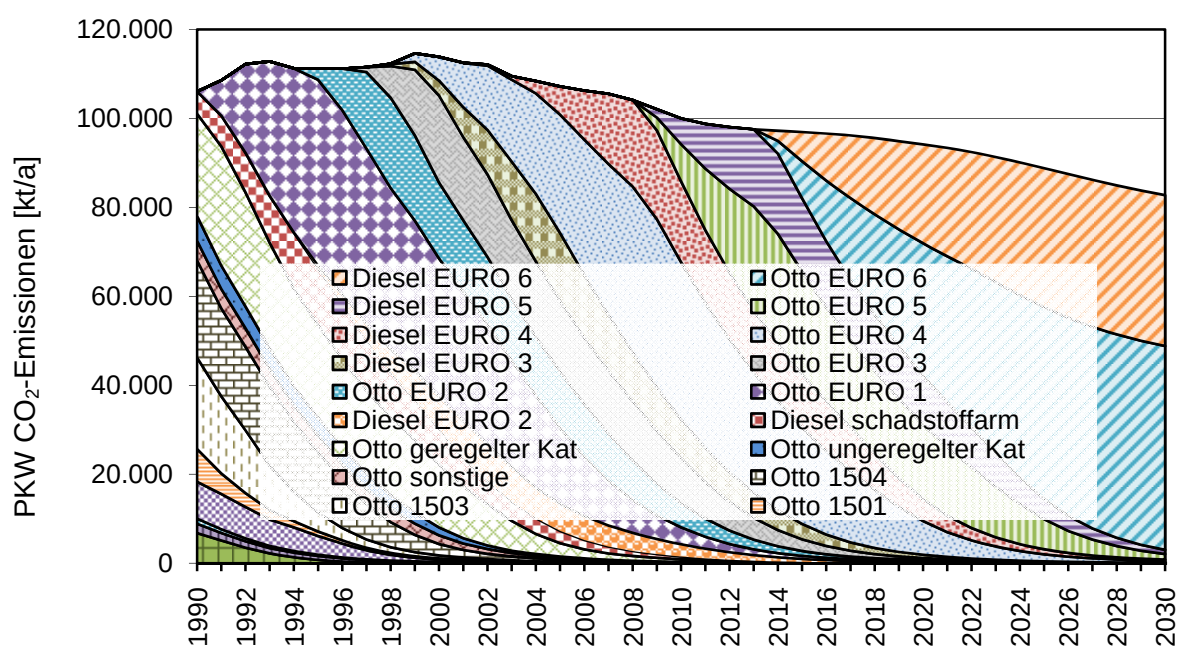
Der in **Abbildung 3** wiedergegebene Sektorenvergleich für Österreich zeigt eine stetig steigende Bedeutung des Verkehrssektors auf. Bedingt durch die Berücksichtigung des Tanktourismus wird der Einfluss jedoch stark überbewertet. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Österreich verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

Abbildung 3: Sektorenvergleich der CO₂-Emissionen in Österreich [7]

DEUTSCHLAND

Die im Vergleich zu Österreich schwächere Bestandsentwicklung in Deutschland führt, wie in **Abbildung 4** dargestellt, im Sektor PKW zu sinkenden CO₂-Emissionen. Im Jahr 2030 liegen die CO₂-Emissionen um 22% unter dem Wert von 1990.

Der in **Abbildung 5** wiedergegebenen Entwicklung für den NFZ-Sektor ist wie auch in Österreich ein CO₂-Emissionsanstieg zu nehmen. Im Zeitraum 1990 bis 2030 steigen diese um 57,2%. Der Emissionseinbruch im Jahr 2009 folgt aus der Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise.

Abbildung 4: Entwicklung und Prognose der PKW CO₂-Emissionen in Deutschland in kt/a

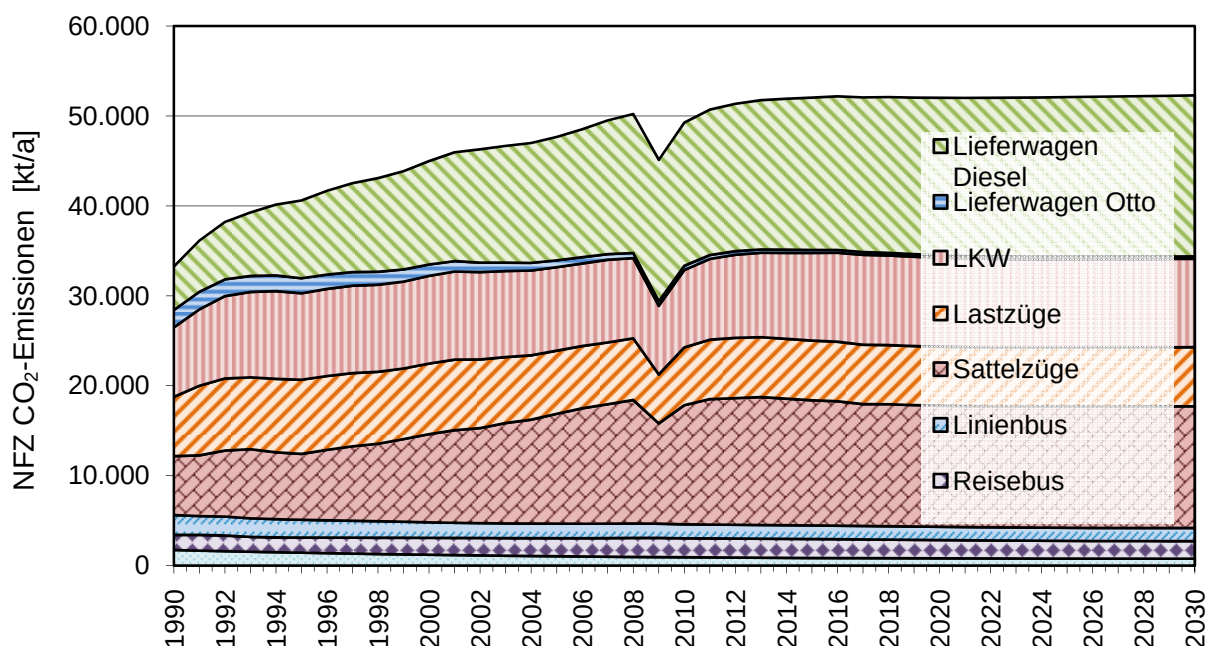


Abbildung 5: Entwicklung und Prognose der Nutzfahrzeug CO₂-Emissionen in Deutschland in kt/a

Der in **Abbildung 6** wiedergegebene Sektorenvergleich für Deutschland bestätigt den Rückgang der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen und zeigt die nur durchschnittliche Bedeutung des Verkehrssektors auf. Die Emissionsberechnungen des Sektorenvergleichs basieren auf den in Deutschland verkauften Kraftstoffen. Die Emissionen des Verkehrssektors beinhalten somit auch jene Emissionen, die aufgrund des im Inland verkauften, aber im Ausland verfahrenen Kraftstoffes entstehen. Der Sektor Verkehr beinhaltet die Bereiche: Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr und Kompressoren der Gaspipelines. Der land- und forstwirtschaftliche Verkehr sowie Militär ist im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher enthalten.

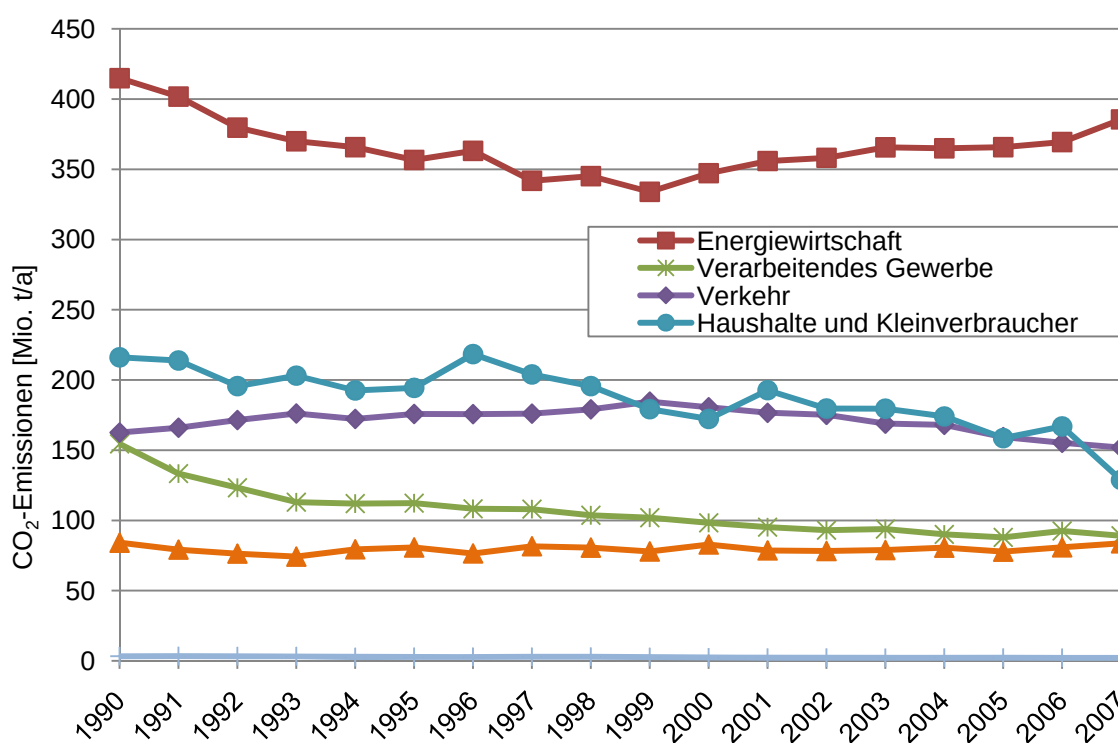


Abbildung 6: Sektorenvergleich der CO₂-Emissionen in Deutschland [7]

EU27

Der zeitliche Sektorenvergleich über die Jahre 1990 bis 2007 zeigt, wie **Abbildung 7** zu entnehmen ist, dass der Verkehrssektor kontinuierlich an Bedeutung gewinnt. Die Emissionen werden jedoch vom Sektor Energiewirtschaft dominiert.

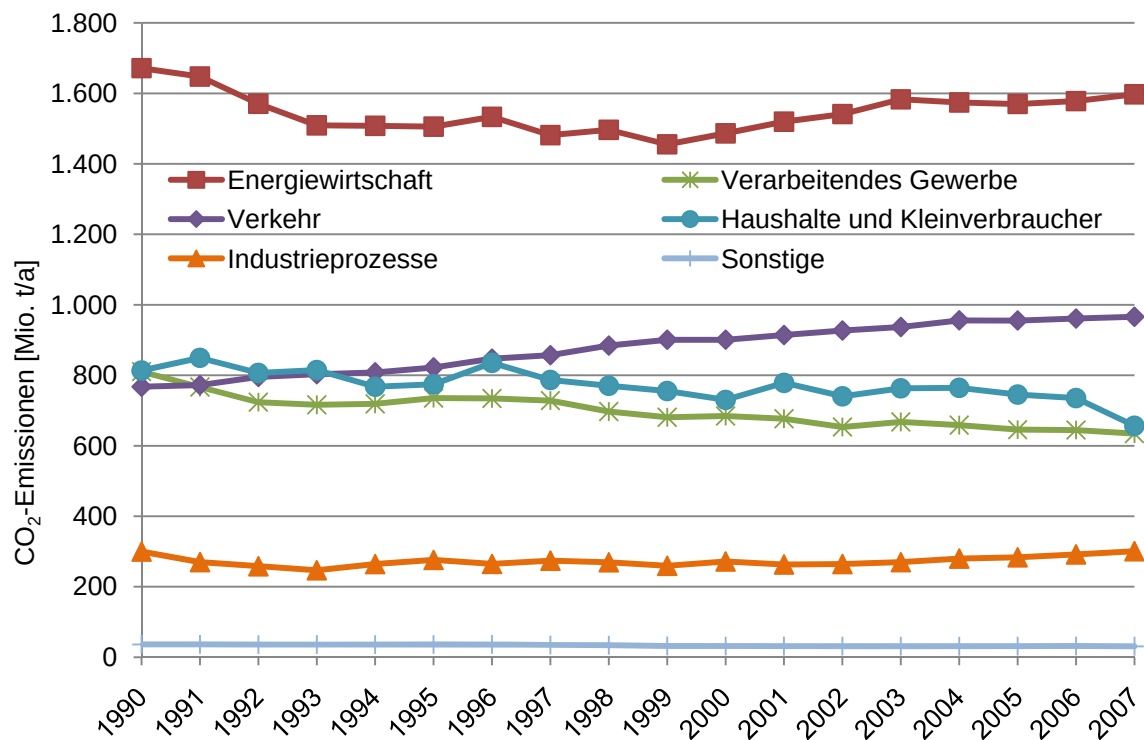


Abbildung 7: Sektorenvergleich der CO₂-Emissionen in der EU27 [7]

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Geringer, B.:** *Skriptum zur Vorlesung 315.018 - Verbrennungskraftmaschinen Grundzüge*. Wien: Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der TU Wien, 2006. B06006.
- [2] **Hendrik, C., et al:** *EC-Case - Carbon Dioxide Sequestration*. Utrecht: TNO, Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung, 2003.
- [3] **Gale, J., et al:** *Transmission of CO₂ – Safety and Economic Considerations*. Kyoto: Proceedings of the 6th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologie, 2002. S. 517-522.
- [4] **Tober, W.:** *Ökologische Lebenswegpotenziale neuer alternativer Dieselmotoren im österreichischen Straßenverkehr*. Wien: TU Wien, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau, 2009. Veröffentlicht durch: ÖVK - Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugbau. B09020.
- [5] **Tober, W.:** *Abschlussbericht "Einsatz und Potenzial von biogenen Designerkraftstoffen – BTL (Biomass to Liquid) im Motoreneinsatz" Teilbericht zum Arbeitspaket 9 - Erstellen einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment - LCA) für BTL*. Wien: TU Wien, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau, 2009. B09012.
- [6] **Tober, W.:** *Energiepolitik Europas – Im Fokus: Der Verkehrssektor Stand Juni 2009*. Wien: TU Wien, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau, 2009. Veröffentlicht durch: ÖVK - Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik. B09026.
- [7] **Fernandez, R. et al:** *Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2007 and inventory report 2009 (Version 27 May 2009)*. Kopenhagen: European Environment Agency, 2009. Technical report No 04/2009.
- [8] **Anderl, A. et al:** *Emissionstrends 1990-2007 - Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)*. Wien: Umweltbundesamt GmbH, 2009. Report REP-0234, ISBN 978-3-99004-033-1.
- [9] **Umweltbundesamt:** *Emissionsentwicklung 1990 - 2007, Treibhausgase, inkl. erweiterte Auswertung und Äquivalentemissionen der Treibhausgase*. Dessau: Umweltbundesamt, 2009.
- [10] **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung:** *Digitaler Umweltatlas Berlin. Berlin.de - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung*. [Online] 2008. [Zitat vom: 14. 11 2008.] http://stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dinh_03.htm.
- [11] **Kippel, P., et al:** *Reduzierung hoher Luftschadstoffbelastung an Straßen. Tagungsband zum 465. FGU-Seminar "Verkehrsbedingte Belastungen durch Benzol, Dieselruß und Stickoxide in städtischen Straßenräumen"*. Berlin: s.n., 1997.
- [12] **Kalker, U.:** *Gesundheitliche Bewertung der verkehrsbedingten Schadstoffe Stickoxide, Benzol und Dieselruß-Partikel. Forum Städte-Hygiene 44*. Frankfurt: Stadtgesundheitsamt Frankfurt - Abteilung Umweltmedizin und Hygiene, 1993.
- [13] **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change):** *Climate Change 2007 -The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. New York: Cambridge University Press, 2008. ISBN 978 0521 88009-1.
- [14] **EEA:** *European Community emission inventory report 1990–2007 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. Kopenhagen: European Environment Agency, 2009. EEA Technical report No 8/2009, ISBN 978-92-9213-005-3.