

Stand: 20. September 2019

Hintergrundinformationen zur Version 4.1 des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA)

Datengrundlagen, wichtige Neuerungen und ausgewählte Ergebnisse

1 Allgemein

Das **HandBuch** für **EmissionsFAktoren** des Straßenverkehrs (HBEFA) ist eine Datenbank zu den spezifischen Emissionswerten für die gängigsten Fahrzeugtypen wie Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge (LNF/SNF), Linien- und Reisebusse sowie Motorräder. HBEFA liefert dabei Emissionsdaten für alle regulierten (z. B. CO, HC, NO_x, Partikelmasse und -anzahl) sowie eine Reihe von nicht-regulierten Luftschadstoffen (z. B. NO₂, NMHC, Benzol, SO₂ und Blei) und den Klimagasen (z. B. CO₂, CH₄ und N₂O) und Kraftstoffverbrauch.

Neben Emissionsfaktoren für den betriebswarmen Motor (so genannte "warme" Emissionsfaktoren in Gramm pro Fahrzeugkilometer) enthält das Handbuch auch Emissionsfaktoren für Kaltstarts (Kaltstartzuschläge in Gramm pro Start) und Verdampfungsemissionen (nur für Kohlenwasserstoffe in Gramm pro Abstellvorgang, pro Fahrzeug und pro Kilometer). Zur Ermittlung der Kaltstart- und Verdampfungsemissionen sowie für die „warmen“ Emissionsfaktoren von PKW und LNF sind im HBEFA – differenziert nach Land – typische Tagesgänge für die Umgebungstemperatur enthalten. Diese Temperaturverläufe werden je nach Emissionsfaktor zusätzlich mit Tagesgängen der Fahrleistung bzw. der Verteilung der Fahrstrecken oder Standzeiten gewichtet. Dies wurde für warme Emissionsfaktoren erstmals in HBEFA 3.3 auch auf NO_x-Emissionen von Diesel Pkw der Emissionsnormen Euro 4, 5 und 6 angewendet und wird nun mit dieser Aktualisierung ausgeweitet auf Diesel Pkw der Norm Euro 3 und LNF der Normen Euro 3-6.

Das HBEFA erfährt mit der Version 4.1 die sechste und die bisher umfangreichste Aktualisierung seit der erstmaligen Veröffentlichung 1995. Mittlerweile beteiligen sich Verkehrs- und Umweltbehörden aus sechs europäischen Ländern (Deutschland, Frankreich, Norwegen, Österreich, Schweden und Schweiz).

Nachfolgend werden die Datengrundlagen, wichtigsten Neuerungen sowie ausgewählte Ergebnisse vom HBEFA 4.1 beschrieben.

2 Neue Messungen als Modellgrundlage

Die Anzahl der Messungen, die dem HBEFA mittlerweile zugrunde liegen, belaufen sich allein für die PKW auf mehrere Tausend. Viele dieser Datensätze liefern nicht nur Emissionswerte pro Fahrt oder Fahrzyklus, sondern für jede Sekunde der Messfahrten und -zyklen. Weiterhin liegen zusätzlich zu den Messwerten auch Angaben zur Motorlast (v.a. Drehmoment und Leistung) vor. Tabelle 1 zeigt exemplarisch den Vergleich bzgl. der Anzahl der verwendeten Datensätze für Diesel-Pkw Euro 5 und 6 zwischen HBEFA 3.3 und 4.1.¹

¹ Die Ermittlung von Emissionsfaktoren erfolgt nicht direkt aus den gemessenen Abgasemissionen, sondern mit Hilfe des Emissionsmodells PHEM (Passenger Car and Heavy Duty Emission Model), das mit Hilfe der Messungen kalibriert wird. Mit PHEM wird dann in einem ersten Schritt für jeden Schadstoff ein Motorkennfeld in Abhängigkeit von Drehmoment und Leistung erzeugt. In einem zweiten Schritt werden dann für den Fahrzeugtyp typische Verkehrssituationen ermittelt. Mit PHEM werden dann für alle Verkehrssituationen differenziert nach Fahrzeug Subsegment die Emissionsfaktoren ermittelt.

Tabelle 1: Anzahl der Pkw, die in HBEFA 3.3 und HBEFA 4.1 für die Erstellung der Emissionsfaktoren genutzt wurden (Emissionsnorm Euro 5 und 6)

	HBEFA 3.3	HBEFA 4.1
Diesel Pkw Euro 5	24	
Diesel Pkw Euro 5 mit/ohne Softwareupdate	keine	8
Diesel Pkw Euro 6 a/b	25	93
Diesel Pkw Euro 6d-Temp	keine	6

Die Anzahl der Abgasmessungen auf Basis von RDE-Straßentests (RDE = Real Driving Emissions; mit PEMS-Messgeräten) hat zugenommen und macht zum Beispiel bei Pkw und LNF der Emissionsnormen Euro 5 und 6 bereits 70 % aller genutzten Messungen aus. Dies trägt zu einer realistischeren Ermittlung der Emissionsfaktoren in HBEFA bei. Ebenso wurden gezielt Abgasmessungen bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen durchgeführt, um zu identifizieren, welchen Einfluss diese auf die Höhe der Stickstoffoxid-Emissionen (NO_x) insbesondere beim Kaltstart und beim betriebswarmen Motor hat. Zusammen mit der seit Veröffentlichung des HBEFA 3.3 ebenfalls gewachsenen Datenmenge an europäischen Remote Sensing Daten² konnten die NO_x-Emissionsfaktoren verschiedener Fahrzeugkategorien aktualisiert werden.

3 Neuerungen in HBEFA 4.1

Fahrverhalten und Verkehrssituationen

Mit HBEFA 4.1 erfolgte eine umfassende Überprüfung des Fahrverhaltens und der zur Ableitung der Emissionsfaktoren verwendeten Verkehrssituationen. Dabei erfolgte eine Erweiterung der Verkehrssituationen auf 365 (HBEFA 3.3 = 276). Hervorzuheben ist dabei die Implementierung der Verkehrssituationen für Tempo 30 und Tempo 40 auf Hauptverkehrsstraßen und die Differenzierung der Stop&Go-Verkehrszustandes in zwei nach Geschwindigkeit gestaffelten Stufen (Stop& Go und Heavy Stop&Go mit Durchschnittsgeschwindigkeiten von 5 bis 10 km/h).

Emissionsfaktoren bei betriebswarmen Motor

Das zur Ableitung der Emissionsfaktoren verwendete Emissionsmodell PHEM wurde hinsichtlich weiterer Punkte aktualisiert bzw. erweitert. Es wurden Fahrzeugparameter, z. B. Fahr- und Rollwiderstände sowie Beladung, und das Schaltmodell überarbeitet und die Simulation von SCR-Katalysatoren durch ein NH₃-Speichermodul ergänzt. Tabelle 2 am Ende dieses Abschnittes gibt für das Beispiel Pkw (bei betriebswarmen Motor differenziert nach Emissionsnormen) eine Übersicht der Änderungen in HBEFA 4.1 und zeigt, inwieweit sie einen Effekt auf die Emissionsfaktoren haben. Die Emissionsfaktoren für Motorräder werden erstmals in PHEM simuliert und nach Steigungs-Gradienten differenziert. Der Verbrauch und die Emissionen aufgrund von Klimaanlage sind neu standardmäßig enthalten. Bei schweren Nutzfahrzeugen wurden Fahrzeugdaten wie Massen, Luftwiderstände, Nennleistungen aller

² Remote Sensing ist ein System zur berührungsfreien Messung von Schadstoffkonzentrationen im Abgas der an der Messstelle vorbeifahrender Fahrzeuge. Indem die Abschwächung eines durch die Abgaswolke geleiteten Lichtstrahls (Infrarot- und Ultraviolett-Licht) gemessen wird, lassen sich Aussagen zur Konzentration verschiedener Luftschadstoffe im Abgas machen. Mittels Remote Sensing können, im Unterschied zu Rollenprüfstands- oder RDE-Messungen, große Fahrzeugstichproben erfasst und ausgewertet werden.

Fahrzeuge und das Schaltmodell für schwere Nutzfahrzeuge (SNF) der Emissionsnorm Euro IV-V überarbeitet.

Temperaturkorrektur

Seit HBEFA 3.3 wird bei betriebswarmen Motoren das Verhalten von Diesel-Pkw für NO_x-Emissionen in Abhängigkeit der Außentemperatur berücksichtigt. In HBEFA 4.1 konnten die Temperaturfunktionen auf Grund der verfügbaren Remote Sensing Daten und gezielten PEMS-Messungen bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur von den Emissionsnormen Euro 4 und 6d-TEMP angepasst und um Euro 3 erweitert sowie auch erstmals für LNF auf Euro 3 bis Euro 6 angewandt werden.

Realer Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen

Der reale Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen von Pkw wurden im Rahmen eines im Auftrag des UBA durchgeführten laufenden Projekts³ im Detail analysiert und die Ergebnisse integriert. Der Kraftstoffverbrauch wird nicht mehr nur von Euro-3-Benzin- und -Diesel-Pkw, sondern auch auf der Basis differenzierter Verbrauchsfaktoren für alle Technologien und Emissionsstandards hergeleitet. Diese werden basierend auf dem EU-CO₂-Monitoring⁴ und dem Real-World-Mehrverbrauch auf der Straße kalibriert.

Alterung

Auf Basis von Remote Sensing Daten (Projekt CONOX⁵) wurde ein Anstieg der NO_x-Emissionen über eine Laufleistung von 150.000 km (HBEFA 3.3) hinaus bis zu einer Laufleistung von 300.000 km beobachtet. In HBEFA 4.1 wurde dies mit einer Neuberechnung der Alterungsfaktoren ab Euro-3- Pkw und -LNF berücksichtigt. Demnach ergeben sich auch rückwirkend höhere NO_x-Emissionen für ältere Pkw und LNF der entsprechenden Normen.

Alternative Antriebe / Kraftstoffe

Alternative Antriebsstränge wurden in HBEFA 4.1. für Pkw um Elektrofahrzeuge (BEV, PHEV) ergänzt. Alternative Kraftstoffe wurden in verschiedenen Fahrzeugkategorien hinzugefügt⁶. Für CNG/LNG-Fahrzeuge stehen erstmals Emissionsfaktoren auf der Grundlage von Messungen und modelliert nach Verkehrssituation zur Verfügung⁷.

Well-To-Tank-Emissionsfaktoren

Well-To-Tank (WTT)-Emissionsfaktoren für CO₂-Äquivalentemissionen sind im HBEFA 4.1 neu verfügbar. Diese stellen die Emissionen aus der Kraftstoffherstellung/-bereitstellung und Stromerzeugung/-bereitstellung unter Annahme des durchschnittlichen Strommix Deutschlands dar.

Kaltstartzuschlag

Die Berechnungsmethode blieb unverändert, jedoch wurden auf Basis der Ergebnisse neuer Messungen die Kaltstartzuschläge angepasst. Da die Kaltstartemissionen auch von der

³ Forschungsprojekt FKZ 3716 58 180 0, durchgeführt vom ICCT, DLR, ifeu, INFRAS und TU Graz (Endbericht derzeit noch nicht veröffentlicht).

⁴ Beim CO₂-Monitoring der EU handelt es sich um eine Datenbank die unter anderem die CO₂-Emissionen neuer Pkw auf Basis der offiziellen Emissionsdaten aus der Typgenehmigung erfasst. Sie wurde im Rahmen der Einführung der CO₂-Flottenzielwerte für neue Pkw eingeführt.

⁵ Das CONOX Projekt ist ein Projekt, dass unter einem Vertrag der des Bundesamtes für Umwelt, BAFU (www.bafu.admin.ch) durchgeführt wird.

⁶ Pkw: CNG/Benzin bifuel, LPG/Benzin bifuel, Flexfuel (FFV) // LNF: CNG/Benzin bifuel, Flexfuel (FFV) // SNF: CNG und LNG // Linienbus: CNG und LNG, Ethanol.

⁷ In früheren Versionen waren Emissionsfaktoren verfügbar, die jedoch nur aus anderen Subsegmenten abgeleitet wurden.

Umgebungstemperatur abhängen, ergeben sich auch für die unterschiedlichen Außentemperaturen geänderte Emissionsfaktoren.

Verdampfungsemission (nur für Kohlenwasserstoffe/HC)

Die Emissionsfaktoren für die Verdampfung werden aus dem Verkehrsemissionsmodell COPERT (*COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport*) übernommen; nun mit Daten aus COPERT V.

Aktualisierung nicht-regulierter Emissionsfaktoren

In der Kategorie nicht-regulierter Schadstoffe sind Emissionsfaktoren neu für Nicht-Endrohr-Partikel (z. B. Reifen- und Bremsabrieb) und Black Carbon (BC) verfügbar. Die Emissionsfaktoren von HC (und HC-Spezies), NO₂, N₂O, NH₃, BC und Nicht-Endrohr-Partikel wurden auf der Grundlage neuer Messdaten und Literaturangaben aktualisiert.

Vereinfachte Segmentierung

Die Größenklassen von Pkw und Zweirädern wurden vereinfacht. So wird im HBEFA 4.1 bei Pkw nicht mehr nach Hubraumklassen unterschieden, da insbesondere aufgrund des Downsizings der Motoren der Hubraum nicht mehr genügend mit der Motorleistung korreliert.

Aktualisierte Länderdaten

Die länderspezifischen Daten (Fahrzeugbestände, Neuzulassungen, Fahrleistungen etc.) wurden in HBEFA 4.1 aktualisiert. Damit umfassen die Zeitreihen für Deutschland die Jahre 1994-2050.

Software-Updates von Diesel-Pkw

In HBEFA 4.1 wurden auf der Grundlage von aktuellen Messdaten Emissionsfaktoren für Euro-5-Diesel-Pkw mit Motoren der Reihe EA 189 des VW-Konzerns, für die im Rahmen des verpflichteten Rückrufes ein Software-Update erfolge, bestimmt. Ausgewählte Ergebnisse zu den Software-Updates dieser Pkw werden im Abschnitt „Ausgewählte Ergebnisse“ beschrieben.

Änderungen am Beispiel der NO_x-Emissionen von Diesel-Pkw

Die folgende Tabelle zeigt die Änderung der Daten und Methoden bei der Version 4.1 des HBEFA am Beispiel der NO_x-Emissionen von Diesel-Pkw.

Tabelle 2: Änderungen im HBEFA 4.1 und deren Effekte auf NO_x-Emissionsfaktoren von Diesel-Pkw verschiedener Emissionsnormen

Änderungen	Euro 0-2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Neue Basis-emissions-faktoren aufgrund neuer PEMS Daten	keine Anwendung				aktualisiert
SCR-Modell (Diesel-Pkw)	keine Anwendung				anteilig für Fahrzeuge mit SCR
Ausdehnung des Alterungs-effektes	Bisher wurden bei Laufleistungen größer 50.000km gleichbleibende Emissionen angenommen. In 4.1 wurde dies auf Basis von Remote Sensing Daten geändert. Dadurch kommt es zu einem Anstieg der Schadstoffemissionen bis Laufleistungen von 250.000km. Dies hat auch rückwirkende Auswirkungen für die vergangenen Jahre und einen Effekte auf die NO _x -Emissionen.				
Temperatur-effekt des betriebs-warmen Motors	keine Anwendung	Neu in HBEFA 4.1 und größter Einflussfaktor	Nochmals angepasst mit mehr Daten (erhöht)	Änderung des Einflusses (Berück-sichtigung der weniger Temp.-beeinflussten EA 189-Pkw)	gleichbleibend
Software-Update (Diesel-Pkw)	keine Anwendung			Herausrechnen der VW-Pkw (EA 189) -> größer Effekt auf Temperatur	keine Anwendung
Zusatz für Neben-aggregate	Neu berücksichtigt bis inkl. Euro 6 a/b				Angepasst (realistischer)
Beladung / Fahrwider-stände	Aufgrund der Neuberechnung des Kraftstoffverbrauchs nehmen auch die Beladung und damit die Leistung zu, die wiederum Einfluss auf NO _x -emissionen hat. Ebenso wurden Daten aus aktuellen Erkenntnissen zu Fahrwiderständen (z. B. Fahrbahnen, Bereifung) integriert				
Neue Zyklen	Die Aktualisierung bzw. Verbesserung der Fahrzyklen, die den Verkehrssituationen zugrunde liegen, haben zum einen dynamischere Fahrten mit höherer Leistung, was im allgemeinen zu höheren NO _x -Emissionen führt, und zum anderen Fahrten im Niedriglastbereich (z. B. Stop&Go) zur Folge, was sich insbesondere für Fahrzeuge mit SCR Katalysatoren negativ auf die NO _x -Emissionen auswirkt				

4 Ausgewählte Ergebnisse

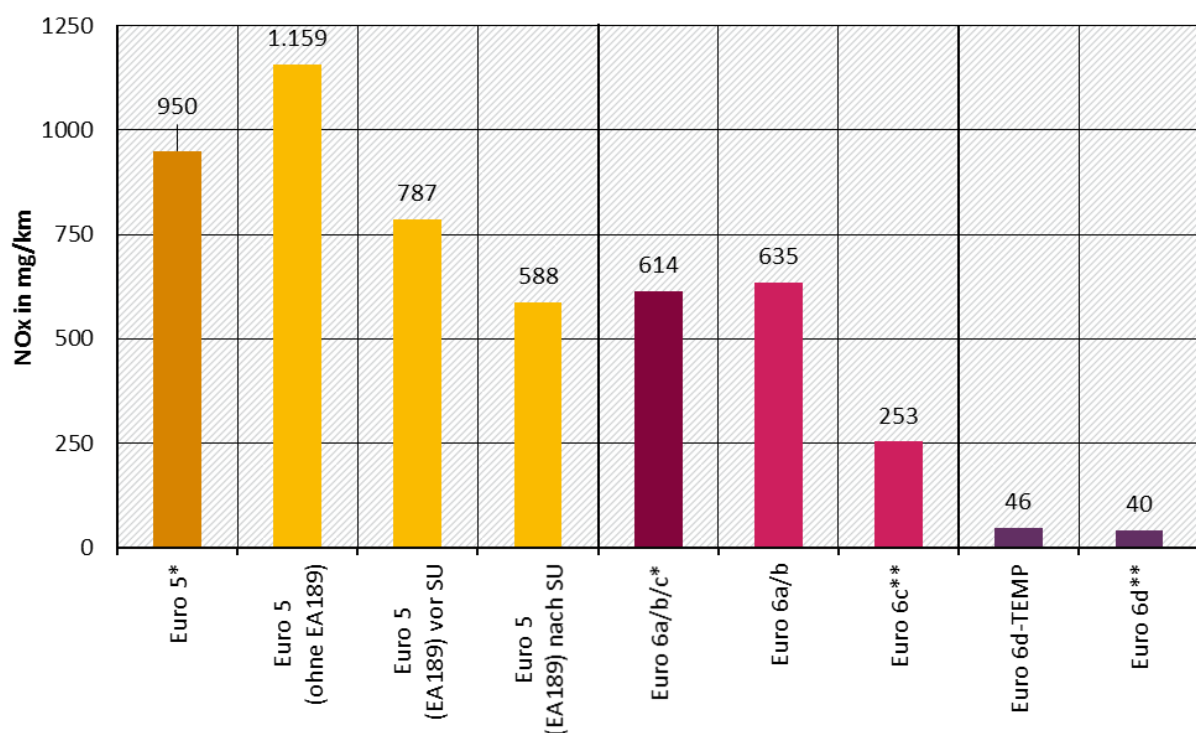
4.1 NO_x-Emissionen von Diesel-Kfz (betriebswarmer Motor)

Auf Grund der in Tabelle 2 durchgeführten Aktualisierungen im HBEFA 4.1 ändern sich die NO_x-Emissionsfaktoren des betriebswarmen Motors für **Diesel-Pkw** in allen Emissionsnormen umfassend. Abbildung 1 zeigt die aktuellen durchschnittlichen NO_x-Emissionen für Diesel-Pkw der Emissionsnormen Euro 5 und Euro 6 und in einer detaillierteren Aufschlüsselung.

Abbildung 1: Durchschnittliche NO_x-Emissionen in mg/km für Euro-5- und Euro-6-Diesel-Pkw

Betriebswarmer Motor, ohne Kaltstartzuschlag; durchschnittliche Verkehrssituationen und Temperaturverlauf in Deutschland; Laufleistung von 50.000 km (für Alterung)

*Aggregation für die Flottenzusammensetzung im Jahr 2018, **Technologie-Abschätzung



Quelle: UBA 2019 auf Basis HBEFA 4.1

Für Euro-5-Diesel-Pkw ist die durchschnittliche Wirkung der Software-Updates für den Motor EA 189 des VW-Konzerns in Abbildung 1 dargestellt. Die NO_x-Emissionen der Euro-5-Diesel-Pkw mit Motoren der Reihe EA 189 liegen nach Software-Updates deutlich unter den Werten der übrigen Euro-5-Diesel-Pkw (ohne EA 189); betragen aber mit durchschnittlich 588 mg NO_x/km noch mehr als das Dreifache des Euro-5-Grenzwerts. Der mittlere NO_x-Emissionsfaktor für Euro 6a/b/c wird maßgeblich durch die Euro-6a/b-Pkw bestimmt, da diese den Bestand im Jahr 2018 dominieren. Für Pkw der Emissionsnormen Euro 6c (253 mg NO_x/km) und insbesondere Euro 6d-TEMP (46 mg NO_x/km) sowie 6d (40 mg NO_x/km) gehen die mittleren NO_x-Emissionen stark zurück; bei letzteren aufgrund der veränderten Prüfverfahren mit verbindlichen Tests im praktischen Betrieb auf der Straße (RDE) und die dort einzuhaltenden Grenzwerte.

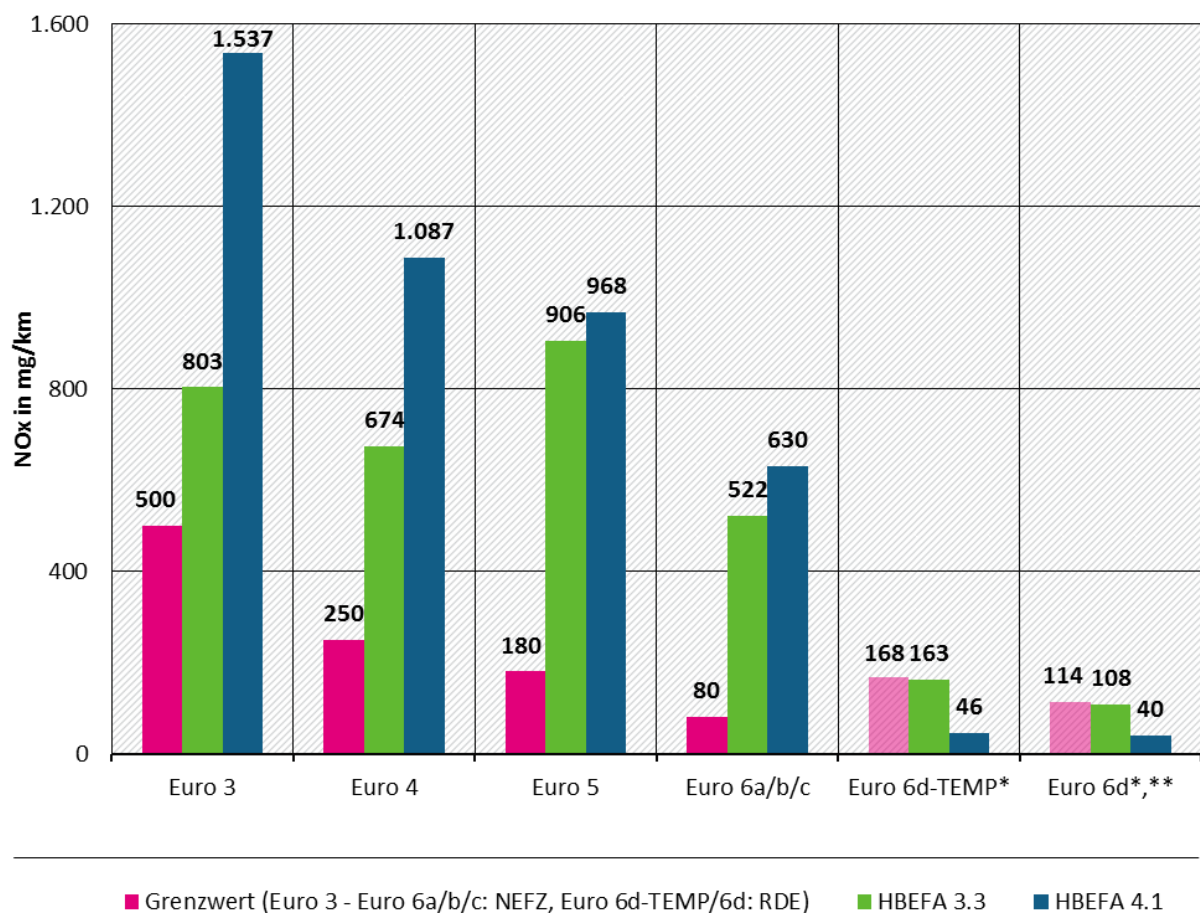
Mit Zunahme der Laufleistung hat die Alterung der Abgasnachbehandlungssysteme bei Diesel-Pkw einen deutlichen Einfluss auf deren durchschnittlichen NO_x-Emissionen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Fahrzeuge mit älteren Emissionsnormen im Durchschnitt eine deutlich höhere Laufleistung haben als modernere Fahrzeuge und damit der Alterungseffekt noch stärker

bei den Emissionen sichtbar wird. In Abbildung 2 werden die NO_x-Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung der Alterung gezeigt und den Werten aus HBEFA 3.3 gegenübergestellt. Der Grenzwert für Messungen auf dem Rollenprüfstand ist nur als zusätzliche Information dargestellt und muss für große Laufleistungen über 150.000 km durch die Hersteller nicht eingehalten werden.

Abbildung 2: Durchschnittliche NO_x-Emissionen in mg/km für Diesel-Pkw (ab Euro 3) im Jahr 2018

Betriebswarmer Motor, ohne Kaltstartzuschlag; durchschnittliche Verkehrssituationen und Temperaturverlauf in Deutschland; Alterung entsprechend der durchschnittlichen Laufleistung (außer bei Euro 6d-TEMP/6d)

*Laufleistung von 50.000 km, **Technologie-Abschätzung

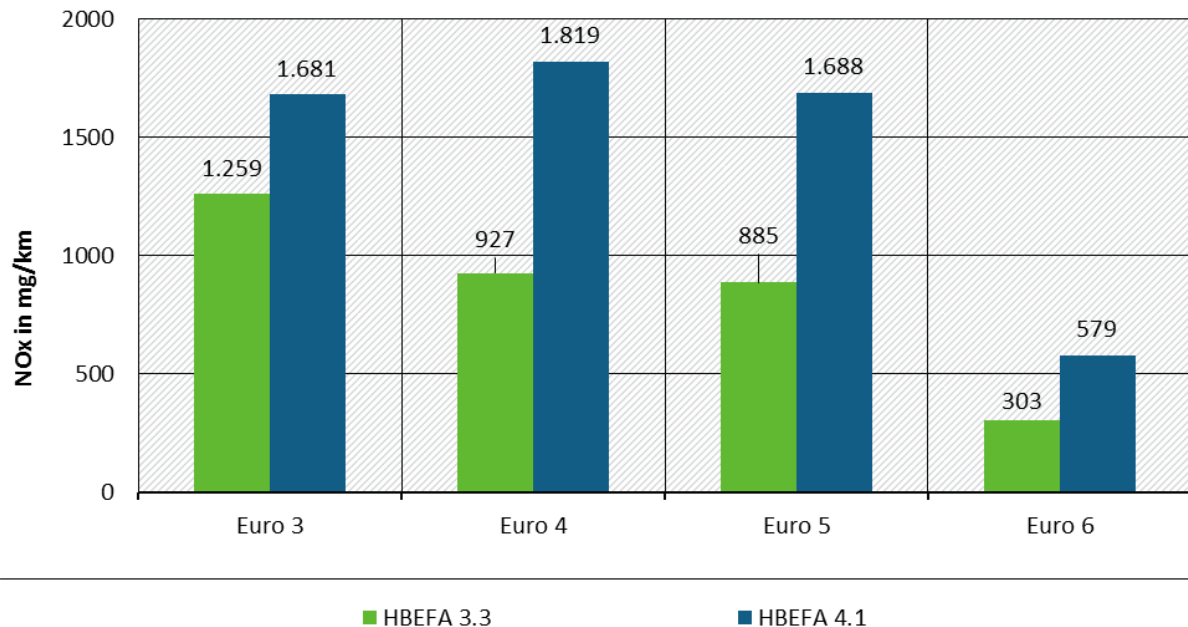


Quelle: UBA 2019 auf Basis HBEFA 3.3 u. 4.1

Auch die NO_x-Emissionsfaktoren für den betriebswarmen Motor der **leichten Nutzfahrzeuge mit Diesel-Antrieb** (Diesel-LNF) ändern sich insbesondere ab der Emissionsnorm Euro 3 deutlich. Die Abbildung 4 stellt die in HBEFA 4.1 neu bestimmten NO_x-Emissionsfaktoren von Diesel-LNF den Werten der HBEFA-Version 3.3 gegenüber. Für Diesel-LNF aller Emissionsnormen wurde die gleiche Laufleistung von 50.000 km zugrunde gelegt. Die Zusammensetzung der LNF-Flotten entspricht der des Jahres 2018.

Abbildung 3: Durchschnittliche NO_x-Emissionen in mg/km für Diesel-LNF ab der Emissionsnorm Euro 3

Betriebswarmer Motor, ohne Kaltstartzuschlag; durchschnittliche Verkehrssituation und Temperaturverlauf in Deutschland; Laufleistung von 50.000 km (für Alterung)



Quelle: UBA 2019

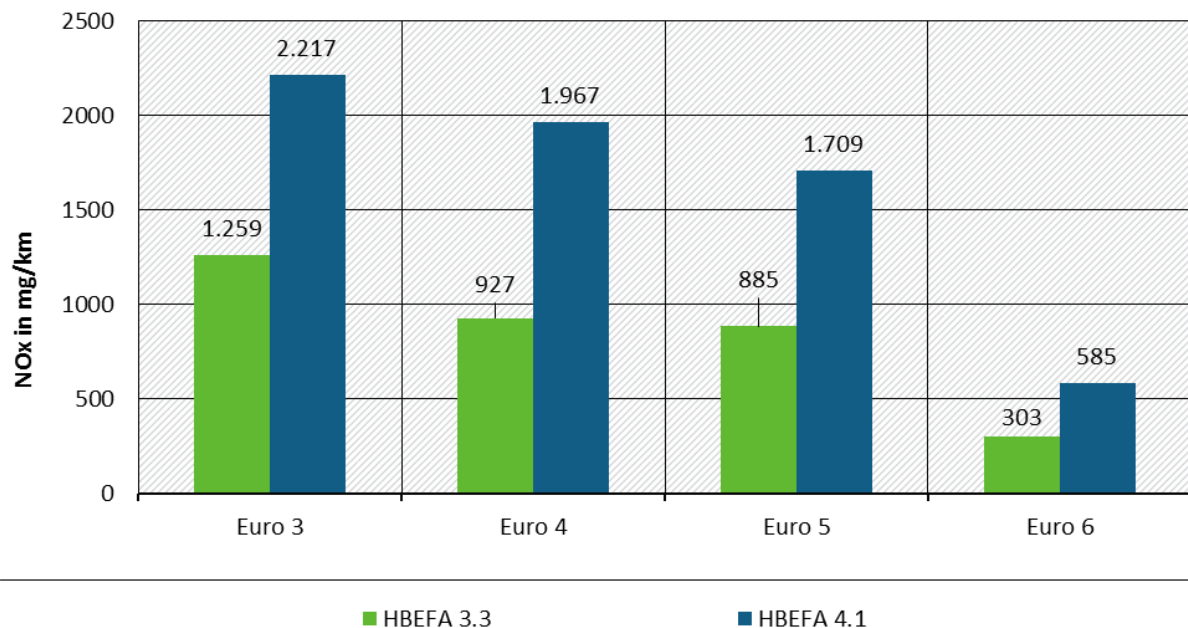
Wie Abbildung 4 zeigt, kommt es im HBEFA 4.1 für den betriebswarmen Motor bei Diesel-LNF ab der Emissionsnorm Euro 4 grob zu einer Verdoppelung der NO_x-Emissionen gegenüber den Werten in HBEFA 3.3. Die Zunahme pro Fahrzeug ist damit deutlich größer als bei Diesel-Pkw. Dies ist damit zu begründen, dass für Diesel-Pkw schon mit HBEFA 3.3 die Emissionsfaktoren für NO_x aktualisiert und dabei deutlich erhöht wurden. Für LNF erfolgt die Erhöhung hingegen im HBEFA 4.1. Diesel-LNF der Emissionsnormen Euro 6d-TEMP und 6d sind in 2018 noch nicht signifikant im Bestand und deren Emissionsfaktoren in der Abbildung auch nicht separat ausgewiesen. Neue Temperaturkorrekturen (siehe Abschnitt 3) sind bei Diesel-LNF ab der Emissionsnormen Euro 3 eine wichtige Ursache der Zunahme der HBEFA-Emissionsfaktoren.

Wie Abbildung 4 zeigt, kommt es bei einer zusätzlichen Berücksichtigung der Alterung der Abgasnachbehandlung mit zunehmender Laufleistung zu einer noch stärkeren Zunahme der NO_x-Emissionen. Die in HBEFA 4.1 aktualisierte Alterung spielt aufgrund der hohen mittleren Laufleistung insbesondere bei Euro-3- und -4-Diesel-LNF eine größere Rolle und ist bei diesen eine wichtige Ursache für die Erhöhung der Emissionen im praktischen Betrieb.⁸

⁸ In HBEFA 3.3 führt die Alterung bei LNF zu keiner signifikanten Zunahme der Emissionsfaktoren, wie der Vergleich zwischen Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigt.

Abbildung 4: Durchschnittliche NO_x-Emissionen in mg/km für Diesel-LNF (ab Euro 3) im Jahr 2018

Betriebswarmer Motor, ohne Kaltstartzuschlag; durchschnittliche Verkehrssituationen und Temperaturverlauf in Deutschland; Alterung entsprechend der durchschnittlichen Laufleistung



Quelle: UBA 2019

Auch bei **schweren Nutzfahrzeugen** mit Diesel-Antrieb (Diesel-SNF) kommt es zu einer Zunahme der NO_x-Emissionen über alle Euro-Normen hinweg. Besonders groß ist die Zunahme bei SNF der Emissionsnorm Euro VI. Hier kommt es aufgrund neu vorliegender Messungen zu einer Verdreifachung des für Deutschland durchschnittlichen NO_x-Emissionsfaktors. Im innerstädtischen Betrieb vervierfachen sich diese sogar u.a. aufgrund der reduzierten Reinigungsleistung der Abgasnachbehandlung bei innerstädtischen Fahrsituationen. Zusätzlich zeigen Messungen im Auftrag des UBA die Abnahme der NO_x-Minderung der Abgasreinigung mit dem Alter. Auf die reduzierte Reinigungsleistung der SCR-Anlagen innerorts hat die EU bereits durch Verschärfung der Abgasgesetzgebung reagiert, sodass zukünftig diese Problematik entschärft werden kann.

4.2 Softwareupdate VW-Motors EA 189

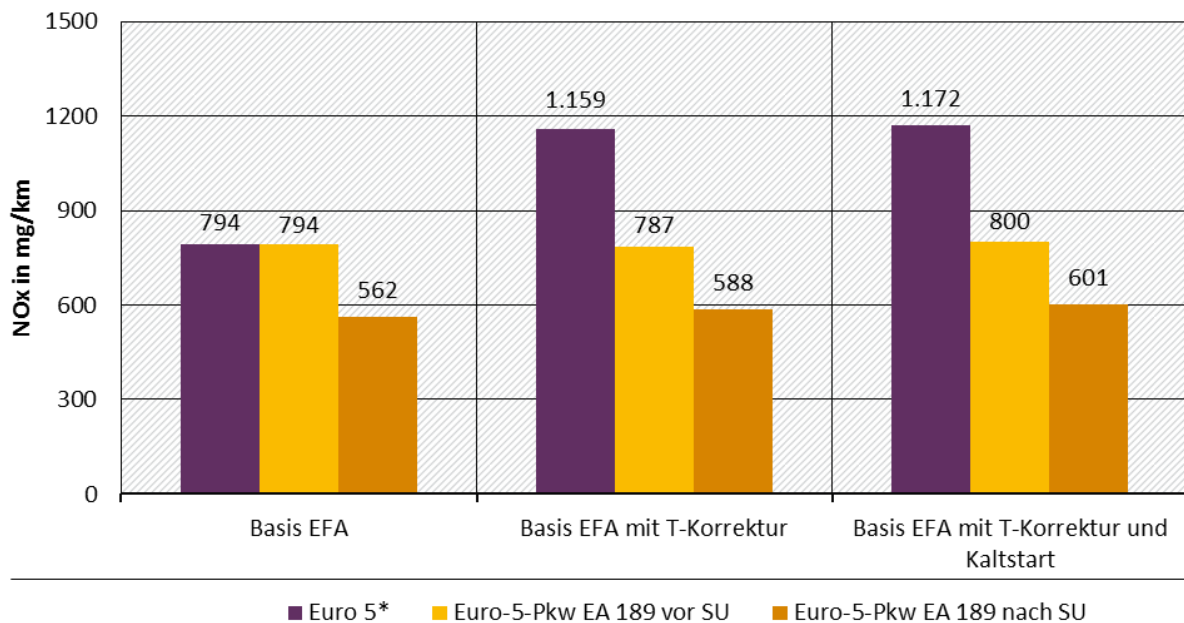
In HBEFA 4.1 wurde ein NO_x-Emissionsfaktor für vom Pflichtrückruf (EA 189) betroffene Fahrzeuge des VW-Konzerns nach Softwareupdate hinzugefügt (siehe Abbildung 1). Insgesamt sind in Deutschland rund 2 Mio. Pkw von dieser Maßnahme betroffen, deren Umsetzung sich vom Jahr 2016 bis 2019 erstreckte. Die Minderungswirkung im NO_x-Emissionskennfeld wurde durch Emissionsdifferenzen vor und nach Softwareupdate aus Messungen an acht betroffenen Fahrzeugen abgeleitet. Dabei wurden die Fahrzeugmodelle entsprechende ihrer Verbreitung im Fahrzeugbestand gewichtet.

Die Minderungswirkung im Emissionskennfeld wurde dafür vom Kennfeld aller Euro-5-Diesel-Pkw subtrahiert. Abbildung 5 zeigt sowohl die NO_x-Emissionsfaktoren für die betroffenen Fahrzeuge (EA 189) vor und nach Softwareupdate als Basisemissionsfaktor sowie mit Temperaturkorrektur aufgrund der deutschen Jahrestemperaturverteilung bzw. zusätzlich mit Kaltstartzuschlag. Weiterhin sind in der Abbildung auch Durchschnittswerte für die deutsche Euro-5-Diesel-Pkw-Flotte (Euro 5*) ohne die betroffenen Fahrzeuge mit dem VW-Motor EA 189 dargestellt. Das NO_x-Emissionsniveau der vom Software-Update betroffenen Pkw mit dem Motor EA 189 ist sowohl vor als auch nach dem Softwareupdate nur unwesentlich von der

Umgebungstemperatur abhängig – anders als für die übrige Euro-5-Diesel-Pkw-Flotte. Das Softwareupdate führte in durchschnittlichen Verkehrssituationen und im durchschnittlichen Temperaturverlauf in Deutschland zu einer Senkung der NO_x Emissionen um ca. 25 % (absolut: 199 mg NO_x/km beim betriebswarmen Motor ohne Kaltstart). Jedoch betragen die NO_x-Emissionen – wie bereits ausgeführt – selbst nach dem Softwareupdate immer noch das 3,3-fache des Grenzwerts (betriebswarmer Motor, mittlere Säule in Abbildung 3).

Abbildung 5: NO_x-Emissionsfaktoren in mg/km für Diesel-Pkw mit VW-Motor der Reihe EA 189 vor und nach Software-Update im Vergleich zu übrigen Euro-5-Diesel Pkw (ohne EA 189) teilweise mit Berücksichtigung der Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Durchschnittliche Verkehrssituation und Temperaturverlauf in Deutschland; Laufleistung von 50.000 km (für Alterung)



Quelle: UBA 2019

4.3 CO₂-Emissionen bei Pkw und LNF (betriebswarmer Motor)

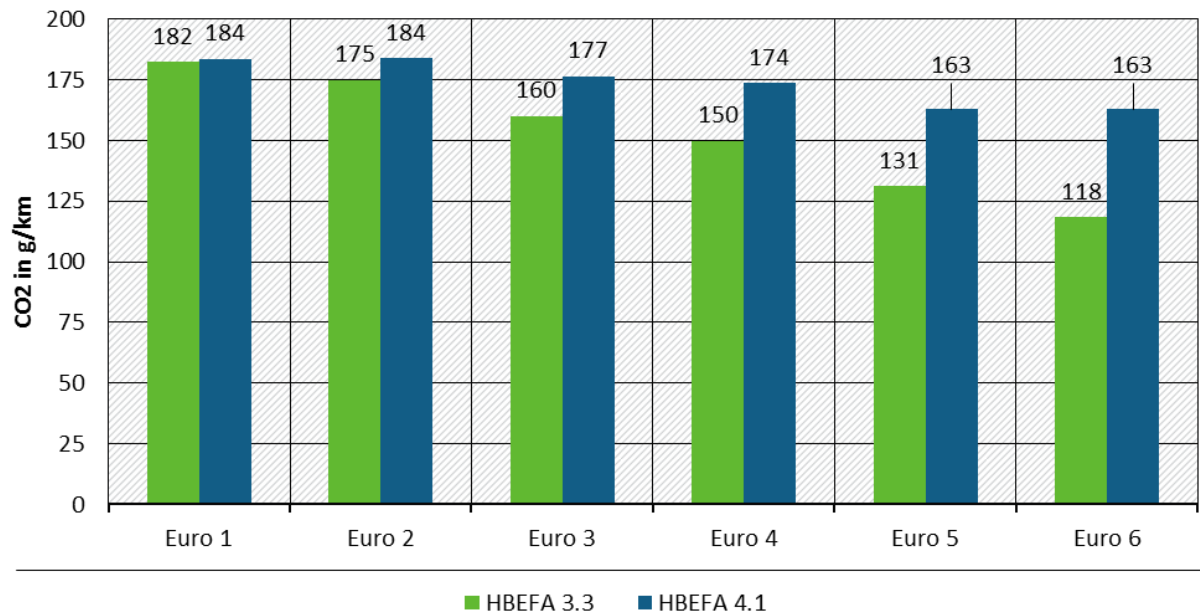
Die Emissionsfaktoren für Kohlendioxid (CO₂) erhöhen sich sowohl bei Pkw, LNF als auch bei schweren Nutzfahrzeugen (SNF) gegenüber den Werten aus HBEFA 3.3 deutlich (siehe Abbildungen 4 und 5; gezeigt für Pkw und LNF). Dies ist ein weiteres Resultat der grundlegenden Aktualisierung vom HBEFA 4.1. Realistischere Fahrzeugmassen durch Zusatzausstattungen sowie Beladungen, größere Luftwiderstände durch Anhänger oder Dachboxen und höhere Rollwiderstände durch Fahren auf nasser Fahrbahn, Winterreifen oder zu niedrigen Luftdruck werden nun erstmals berücksichtigt und führen zu realistischeren Verbrauchswerten und damit zu höheren CO₂-Emissionen. Der Kraftstoffverbrauch wurde in früheren Version vom HBEFA von Euro-3-Benzin- und -Diesel-Pkw abgeleitet. Diese Vorgehensweise wurde nun vollständig geändert; nun werden CO₂-Emissionen auf der Basis differenzierter Verbrauchsfaktoren für alle Technologien und Emissionsstandards hergeleitet. Diese werden basierend auf offiziellen Daten aus dem EU-CO₂-Monitoring (CO₂-Emissionen aus der Typgenehmigung neuer Pkw) und dem Real-World-Mehrverbrauch auf der Straße aus öffentlich zugänglichen Datenbanken kalibriert.

Die CO₂-Emissionen sind auf der Straße und damit real im Zeitraum seit 2000 (Euro 3) für neue Pkw nur um 8 %, für neue leichte Nutzfahrzeuge lediglich um 2 % gesunken. Gründe hierfür sind

die immer weiter zunehmende Masse und Leistung der Fahrzeuge in Kombination mit der noch bis 2018 gültigen Typgenehmigung im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) und der entsprechenden Testprozedur.

Abbildung 6: Vergleich der direkten CO₂-Emissionsfaktoren in g/km aus HBEFA 3.3 und 4.1 für Pkw* im Jahr 2018

Betriebswarmer Motor, ohne Kaltstartzuschlag; Durchschnittliche Verkehrssituationen in Deutschland



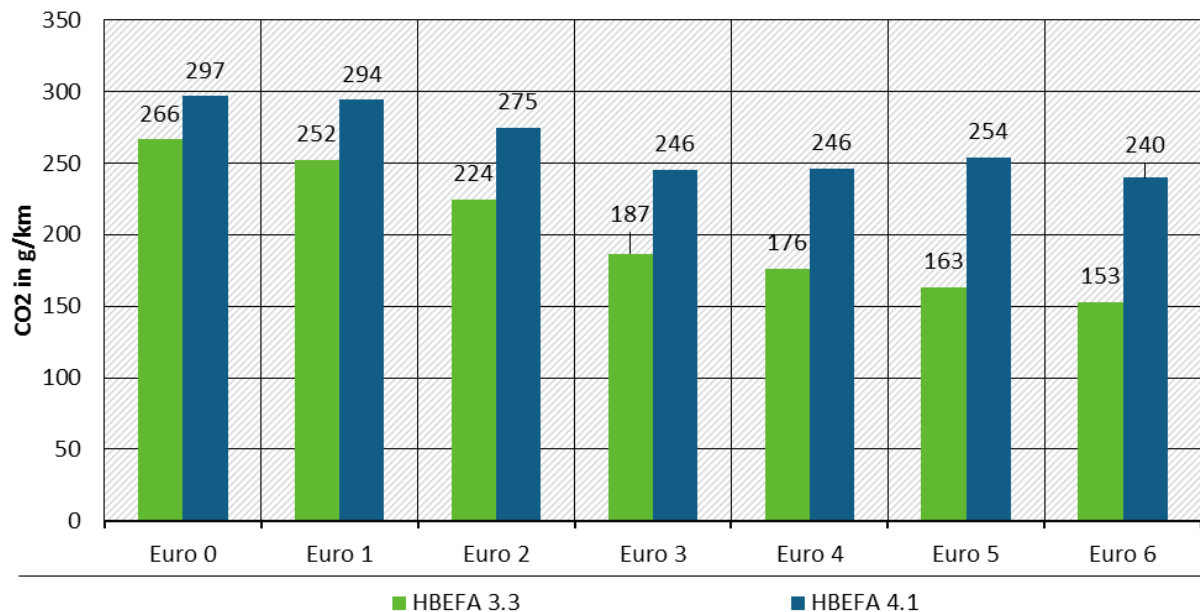
*enthält nur Diesel und Benzin Pkw

HBEFA 3.3 und 4.1

Quelle: UBA 2019

Abbildung 7: Vergleich der direkten CO₂-Emissionsfaktoren in g/km aus HBEFA 3.3 und 4.1 für LNF* im Jahr 2018

Betriebswarmer Motor, ohne Kaltstartzuschlag; Durchschnittliche Verkehrssituationen in Deutschland



*enthält nur Diesel und Benzin-LNF

HBEFA 3.3 und 4.1

Quelle: UBA 2019

Impressum

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet:
www.umweltbundesamt.de
[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)
[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Stand: 20. September 2019
(1. Aktualisierung)