

Stand: April 2017

# Hintergrundinformationen zum Handbuch für Emissionsfaktoren für Straßenverkehr (HBEFA)

## Was ist das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs?

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 reglementierten (CO, HC, NO<sub>x</sub>, Partikelmasse) sowie eine Reihe von nicht-reglementierten Schadstoffen (NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, NMHC, Benzol, SO<sub>2</sub>, Pb und Partikelanzahl), einschließlich CO<sub>2</sub> und Kraftstoffverbrauch.

Neben Emissionsfaktoren für den betriebswarmen Motor (so genannte "warme" Emissionsfaktoren in Gramm pro Fahrzeug-Kilometer) enthält das Handbuch auch Emissionsfaktoren für Kaltstarts (Kaltstartzuschläge in Gramm pro Start) und Verdampfungsemissionen (nur für HC in Gramm pro Abstellvorgang, pro Fahrzeug und pro Kilometer). Zur Ermittlung der Kaltstart- und Verdunstungsemissionen, ab Version 3.3 auch für die „warmen“ Emissionsfaktoren sind im HBEFA differenziert nach Ländern typische Tagesgänge für die Umgebungstemperatur enthalten. Diese Temperaturverläufe werden je nach Emissionsfaktor zusätzlich mit Tagesgängen der Fahrleistung bzw. der Verteilung der Fahrtweiten oder Standzeiten gewichtet.

## Für welche Fahrzeuge liegen Emissionsfaktoren im HBEFA vor?

Im HBEFA liegen Emissionsfaktoren für PKW, LNF, SNF, Linien- und Reisebusse und Motorräder vor. Die Emissionsfaktoren für diese Fahrzeugtypen werden aber zusätzlich differenziert nach:

- Fahrzeuggröße (bei Pkw differenziert nach Hubraum: <1,4 L, 1,4-<2,0 L, ≥2,0 L; bei LKW differenziert nach Klassen basierend auf dem zulässigen Gesamtgewicht),
- Antriebsart (Benzin, Diesel, CNG, LPG und Flex-Fuel-Fahrzeuge mit 85% Ethanol),
- Emissionskonzepten (Euro 0 bis Euro 6/VI) und
- weitergehende Emissionsminderungstechnologien (z. B. mit/ohne Partikelfilter).

Die Kombination aller dieser Kriterien wird als Fahrzeug-Subsegment bezeichnet (z. B. Diesel-PKW Euro 4 der Hubraumklasse 1,4 bis <2,0 L mit Partikelfilter). Fahrzeuge desselben Subsegments haben das gleiche Emissionsverhalten; der entsprechende Emissionsfaktor ist somit repräsentativ für diese Fahrzeuge. Im HBEFA gibt es allein für PKW 128 mögliche Fahrzeug-Subsegmente und damit verschiedene Emissionsfaktoren.

## Können die Emissionsfaktoren im HBEFA noch weiter differenziert werden?

Zusätzlich zu den Fahrzeug-Subsegmenten können die Emissionsfaktoren für den betriebswarmen Motor noch nach Verkehrssituationen unterschieden werden. Eine

Verkehrssituation ist durch folgende vier Dimensionen charakterisiert: Gebietstyp (ländlicher/städtischer Raum), Straßentyp, Tempolimit und Verkehrszustand (Stau, gesättigter, dichter und flüssiger Verkehr). Eine Verkehrssituation ist beispielsweise eine Fahrt auf einer Hauptverkehrsstraße im städtischen Raum mit Tempolimit 50 km/h und dichtem Verkehr. Im HBEFA gibt es 276 unterschiedliche Verkehrssituationen, die mit allen Fahrzeug-Subsegmenten kombiniert werden können. Weiterhin können die „warmen“ Emissionsfaktoren für jede Verkehrssituation noch nach Längsneigungen differenziert werden (z. B.  $\pm 0\%$ ,  $\pm 2\%$ ,  $\pm 4\%$ ,  $\pm 6\%$ ).

Durch die Kombination all dieser Merkmale liegen damit allein für PKW in einem Bezugsjahr deutlich mehr als 100.000 Emissionsfaktoren vor. Dies macht deutlich, warum HBEFA in Form eines Computer-Modells angeboten wird.

## **In welchem Detaillierungsgrad können die Emissionsfaktoren mit HBEFA ausgegeben werden?**

Grundsätzlich können Nutzerinnen und Nutzer sich die Emissionsfaktoren in der größten Detailierung aus dem HBEFA ausgeben lassen – also für „warme“ Emissionsfaktoren differenziert nach Fahrzeug-Subsegment, Verkehrssituation und Längsneigung. Allerdings bietet HBEFA auch die Möglichkeit sich aggregierte Emissionsfaktoren anzeigen zu lassen. Beispielsweise können gewichtete Emissionsfaktoren nach Emissionskonzept, Kraftstoffart oder sogar für den Fahrzeugtyp (alle PKW) ermittelt werden. Dies gilt auch für die Verkehrssituation – hier können fahrleistungsgewichtete Durchschnittswerte für die Autobahnen, Innerorts- und Außerortsstraßen oder für alle Straßen abgerufen werden. Auch für die Längsneigungen und Temperatur enthält HBEFA Durchschnittswerte.

Diese gewichteten Werte sind länderspezifisch und abhängig vom Betrachtungsjahr, das die Flottenzusammensetzungen und die Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge berücksichtigt. HBEFA bietet durchschnittliche Emissionsfaktoren für die Länder Deutschland, Österreich, Schweiz, Schweden, Norwegen und Frankreich. Die Emissionsfaktoren liegen für die Jahre von 1994 bis 2030 (für einzelne Länder von 1990-2035) vor. Andere Länder können HBEFA auch nutzen, für die länderspezifischen Gewichtungen liegen allerdings keine Datensätze vor.

## **Warum wurde HBEFA entwickelt?**

Die erste Version von HBEFA wurde im Jahr 1995 entwickelt, um realitätsnahe Emissionsfaktoren für verschiedene Verkehrssituationen und damit für reale Fahrsituationen zur Verfügung zu stellen. Zudem sollte das HBEFA damals wie heute dazu beitragen, dass in ganz Europa einheitliche und repräsentative Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr genutzt werden – und zwar sowohl auf nationaler, als auch auf städtischer und regionaler Ebene. Daher hatte die Entwicklung auch den Zweck, die damals in den Ländern unterschiedlichen Emissionsfaktoren zu vereinheitlichen. Dies bot sich an, da die Abgasgesetzgebung in ganz Europa einheitlich ist und daher – bei gleicher Verkehrssituation – die Abgasemissionen der Fahrzeuge in jedem Land identisch sind.

## **Wer nutzt HBEFA?**

HBEFA liefert europaweit Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen des Straßenverkehrs. Die Emissionsfaktoren werden zum einen auf

nationaler Ebene genutzt, um den internationalen Verpflichtungen zur Klima- und Emissionsberichterstattung nachzukommen (z. B. Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll, Genfer Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung). Hierzu haben die europäischen Staaten spezielle Verkehrsemissionsmodelle entwickelt, die für den Straßenverkehr die Emissionsfaktoren vom HBEFA mit den dazugehörigen Verkehrsmengen (KFZ-Anzahl, durchschnittliche Fahrleistungen pro Jahr und KFZ) verknüpfen. Die Modelle ermöglichen neben der Ermittlung der historischen Emissionen auch die Erstellung von Emissionsszenarien für die Zukunft. Dabei können oftmals auch die Wirkungen von Maßnahmen modelliert werden.

In Deutschland wurde hierzu im Auftrag des UBA das Verkehrsemissionsmodell TREMOD (Transport Emission Model) entwickelt, das direkt die HBEFA-Emissionsfaktoren nutzt. Viele andere Länder in Europa setzen das Verkehrsemissionsmodell COPERT (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport) ein, das ebenfalls die HBEFA-Emissionsfaktoren – allerdings in aggregierter Form – verwendet.

Zum anderen werden die HBEFA-Emissionsfaktoren auch auf regionaler und lokaler Ebene genutzt. In Deutschland setzen vielen Kommunen und Bundesländer HBEFA zur Erstellung von Luftreinhalteplänen ein. Weitere Einsatzmöglichkeiten reichen von der Ermittlung von Emissionen des Straßenverkehrs bei kleinräumigen Planungen (z. B. Parkhaus) bis zur Berechnung der Verkehrsemissionen im Zuge einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP).

### **Ist HBEFA öffentlich verfügbar?**

Die Emissionsfaktoren-Datenbank HBEFA ist für alle öffentlich zugänglich. Interessierte können für eine Schutzgebühr von 250 Euro die Installationsdatei für HBEFA unter [www.hbefa.net/d](http://www.hbefa.net/d) erhalten. Nutzerinnen und Nutzer der HBEFA-Versionen 3.1 und 3.2 erhalten das aktuelle Update 3.3 kostenfrei. Sie werden per Mail über die neue Version informiert.

HBEFA ist eine MS-Access-Applikation, die als Runtime-Version installiert werden kann (MS-Access 2010). HBEFA setzt – mit Ausnahme des Betriebssystems WINDOWS (Windows 2000 oder höher) – keine weitere Software voraus. Bei der Installation kann das entsprechende Land ausgewählt werden. HBEFA ist dreisprachig (Deutsch, Englisch, Französisch) und enthält Länderdaten von sechs Ländern (Deutschland, Österreich, Schweiz, Schweden, Norwegen und Frankreich).

### **Wer finanziert HBEFA?**

An der Finanzierung und damit an der Entwicklung von HBEFA sind die Umwelt- und Verkehrsbehörden der folgenden sechs europäischen Länder beteiligt:

- Deutschland: Umweltbundesamt (seit 1995/ Version 1.1)
- Schweiz: Bundesamt für Umwelt (seit 1995/Version 1.1)
- Österreich: Österreichisches Umweltbundesamt (seit 1999, Version 1.2)
- Norwegen: Norwegian Environment Agency (seit 2010, Version 3.1)
- Schweden: Trafikverket / Swedish Transport Administration (seit 2010, Version 3.1)
- Frankreich: ADEME / Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (seit 2010/2014; Version 3.1/3.2).

HBEFA wird zudem vom Joint Research Center (JRC) der Europäischen Kommission unterstützt. Seit mehreren Jahren beteiligt sich auch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in Deutschland durch die Finanzierung von Abgasmessungen an der Weiterentwicklung vom HBEFA. Zur Aktualisierung der Daten werden aber auch von anderen europäischen Ländern zur Verfügung gestellte Abgasmessungen genutzt. Für die HBEFA-Versionen 3.1/3.2/ 3.3 wurden beispielsweise auch Daten aus den Niederlanden verwendet (TNO, Delft).

## **Wer erstellt die wissenschaftlichen Grundlagen des HBEFA?**

Die wissenschaftlichen Grundlagen zum HBEFA werden federführend vom Schweizer Umwelt- und Verkehrsforschungsinstitut INFRAS erarbeitet. Weitere wissenschaftliche Partner sind:

- Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz (Österreich),
- ifeu Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Deutschland),
- HS Data Analysis and Consultancy (Deutschland),
- TÜV Nord (Deutschland),
- IFSTTAR / Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Frankreich),
- IVL / Swedish Environmental Research Institute (Schweden),
- AVL MTC / Motortestcenter AB (Schweden),
- WSP Sverige (Schweden),
- EMPA / Eidgenössische Materialprüfungsanstalt (Schweiz),
- LAT / Laboratory of Applied Thermodynamics und Emisia (Griechenland),
- TNO / Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (Niederlande).

Die Arbeiten zum HBEFA erfolgen eigenverantwortlich und wissenschaftlich unabhängig durch die beteiligten Institutionen.

## **Wie häufig wird HBEFA aktualisiert?**

Die erste Version (HBEFA 1.1) wurde im Dezember 1995 veröffentlicht, eine Aktualisierung (HBEFA 1.2) folgte im Januar 1999. Weitere Versionen erschienen dann im Februar 2004 (HBEFA 2.1) bzw. im Januar 2010 (HBEFA 3.1). Die bisher neueste Version datierte vom Juli 2014 (HBEFA 3.2). Die Aktualisierungen erfolgen i.d.R. in vier bis sechs Jahresabständen.

Die im April 2017 vorgestellte Version HBEFA 3.3 ist ein Quick-Update und untersucht mögliche Auswirkungen des 2015 bekannt gewordenen Diesel-Skandals auf die Emissionsfaktoren von Diesel-PKW. HBEFA 3.3 wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) sowie Umweltbundesamt (UBA) finanziert. Die nächste, reguläre HBEFA-Version 4.1 ist für Ende 2018 bzw. Anfang 2019 geplant. Seit Anfang an beteiligen sich alle Länder gleichermaßen an der Finanzierung von HBEFA, so dass eine gerechte Kostenaufteilung stattfand und stattfindet.

## **Was ist neu an der HBEFA-Version 3.3?**

Mit der vorliegenden Aktualisierung wurde erstmals berücksichtigt, dass die Stickoxid-Emissionen (NO<sub>x</sub>-Emissionen) eines betriebswarmen Motors eine Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur aufweisen. In der Vergangenheit wurde davon ausgegangen, dass ein

betriebswarmer Motor unabhängig von der Außentemperatur die gleichen Emissionen hat. Daher wurden die Emissionsfaktoren für den betriebswarmen Motor immer standardmäßig im Temperaturfenster von 20°C bis 25°C gemessen. Eine Temperaturabhängigkeit wurde bisher nur bei einem kalten Motor berücksichtigt – da allerdings für alle Luftschadstoffe und Treibhausgase (so genannten Kaltstartzuschläge).

Mit der HBEFA-Version 3.3 wurde nun eine Temperaturabhängigkeit der NO<sub>x</sub>-Emissionen für einen betriebswarmen Motor berücksichtigt. Betroffen sind ausschließlich Diesel-PKW der Abgasstufen Euro 4, 5 und 6. Dabei wurde ein Anstieg der NO<sub>x</sub>-Emissionen mit abnehmender Temperatur festgestellt. Das bedeutet für Euro-4-Diesel-PKW einen Anstieg um rund 40 % bei 0°C gegenüber dem Wert bei 18°C. Für Euro-5-Diesel-PKW ist der Anstieg bei 0°C gegenüber 18°C knapp 80 % und bei Euro-6-Diesel mehr als 90 %. Unterhalb von 0° C steigen die NO<sub>x</sub>-Emissionen nicht weiter an. Für die neue Version vom HBEFA wurde daher – allerdings nur von Diesel-PKW der Abgasstandards Euro 4, 5 und 6 – ein linearer Anstieg der NO<sub>x</sub>-Emissionen zwischen 18 und 0°C unterstellt. Oberhalb von 18 °C wurde kein zusätzlicher Temperatureinfluss angenommen.

Neben der Berücksichtigung des Temperatureffektes bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen von betriebswarmen Diesel-PKW wurden bei der HBEFA-Version 3.3 erstmals auch Abgasmesswerte berücksichtigt, die mit Hilfe von PEMS (Portable Emission Measurement System) bei realen Fahrten auf der Straße ermittelt wurden. Diese im praktischen Betrieb auf der Straße durchgeführten Messungen, wie sie bei der zukünftigen europäischen Gesetzgebung zu Real Driving Emissions (RDE) vorgeschrieben sind, wurden als Ergänzung der Messungen auf den Rollenprüfständen herangezogen.

Eine weitere Änderung gegenüber der Vorgängerversion ist die größere Anzahl der verfügbaren Abgasmessungen insbesondere für Euro-6-Diesel-PKW. Bei der Version 3.2 war der Abgasstandard Euro 6 für Diesel-PKW noch nicht verbindlich für Neuwagen eingeführt. Es standen damals nur fünf Diesel-PKW für detaillierte Abgasmessungen zur Verfügung (ergänzt um 12 weitere Messungen für Gesamtfahrzyklen). Für die Version 3.3 wurden nun 25 Fahrzeuge dieser Abgasnorm umfangreich vermessen.

### **Welche Veränderungen ergaben sich bei den Emissionsfaktoren für Diesel-PKW bei der HBEFA-Version 3.3?**

Die folgende Tabelle 1 vergleicht für Diesel-PKW der Abgasstufen Euro 4, 5 und 6 die durchschnittlichen Emissionsfaktoren der HBEFA-Version 3.3 mit der Vorgängerversion 3.2. Die Emissionsfaktoren sind dabei gemittelt über alle Verkehrssituation, Straßentypen (inkl. Längsneigungen) und Umgebungstemperaturen spezifisch für Deutschland dargestellt. Für die Berechnung des Temperatureinflusses wurden typische Tagesgänge der Temperatur für alle vier Jahreszeiten mit Tagesganglinien der PKW-Verkehrsstärke kombiniert. Rund 50 % der PKW-Fahrleistung werden in Deutschland bei Temperaturen unter 10°C erbracht.

Bei allen anderen Fahrzeugtypen und Fahrzeug-Subsegmenten haben sich keine Veränderungen bei den Emissionsfaktoren gegenüber der Vorgängerversion ergeben.

Tabelle 1: Durchschnittliche NO<sub>x</sub>-Basisemissionsfaktoren für Diesel-PKW der Abgasstufen Euro 4, 5 und 6 gemittelt über Verkehrssituationen, Straßentypen und Umgebungstemperaturen für Deutschland

Fahrzeugsegment	HBEFA Version 3.2	HBEFA Version 3.3	Veränderung Version 3.3 zu 3.2
Diesel-PKW Euro 4	546 mg NO <sub>x</sub> /km	674 mg NO <sub>x</sub> /km	+23 %
Diesel-PKW Euro 5	679 mg NO <sub>x</sub> /km	906 mg NO <sub>x</sub> /km	+33 %
Diesel-PKW Euro 6	264 mg NO <sub>x</sub> /km	507 mg NO <sub>x</sub> /km	+92%

Quelle: Keller et al.: HBEFA Version 3.3. Background Documentation. Bern: April 2017.

## Wie werden Abgasemissionen von Fahrzeugen für HBEFA gemessen?

Bis zur HBEFA-Version 3.2 wurden zur Ermittlung der PKW-Emissionsfaktoren (betriebswarmer Motor) in der Regel Abgasmessungen auf dem Rollenprüfstand verwendet. Diese Messungen erfolgten aber nicht wie bei der Überprüfung der Abgasgrenzwerte nach dem Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ), sondern nach dem Common ARTEMIS Driving Cycle (CADC). Dieser Real-World-Testzyklus wurde im von der EU geförderten Forschungsprojekt ARTEMIS entwickelt und enthält deutlich mehr Beschleunigungs- und Bremsvorgänge sowie höhere Geschwindigkeiten als der NEFZ (z. B. 132 bzw. 150 km/h statt 120 km/h). Damit deckt der CADC deutlich mehr Betriebspunkte des Kennfeldes eines Motors ab. In der Zwischenzeit wurde der CADC durch den ERMES-Testzyklus ergänzt, der eine ähnliche Abdeckung des Motorkennfeldes ermöglicht, aber zeitlich kürzer ist und die Abgasmessungen auf dem Rollenprüfstand damit kostengünstiger macht.

Zudem werden anders als bei der Überprüfung der Abgasgrenzwerte nicht nur die Emissionen für den gesamten Fahrzyklus ermittelt, sondern pro Sekunde. Gleichzeitig werden sekundlich zu den Emissionswerten Drehzahl und Drehmoment erfasst. Damit liegen die Emissionen für viele Betriebspunkte des Motorkennfeldes vor. Die fehlenden Daten werden dann interpoliert. Die Verwendung von CADC bzw. ERMES-Testzyklus sowie die Erfassung der Emissionen auf Sekundenbasis ermöglichte daher bereits in der Vergangenheit die Ermittlung realitätsnaher Emissionswerte der Fahrzeuge für das HBEFA – trotz Messungen auf dem Rollenprüfstand.

Mit der HBEFA-Version 3.3 kommen nun erstmals für Diesel-PKW zusätzlich auch Abgasmessungen auf Basis von RDE-Straßentests (RDE = Real Driving Emissions; mit PEMS-Messgeräten) zum Einsatz. Zudem wurden für den betriebswarmen Motor Abgasmessungen unterhalb von 20 °C durchgeführt. Um die Temperaturabhängigkeit von Diesel-PKW mit betriebswarmen Motor weiter abzusichern, wurden Remote-Sensing-Daten von Messstellen in Schweden und der Schweiz herangezogen. 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. Mit Hilfe von Nummernschild-Erfassung können zu den Abgasmessdaten relevante Fahrzeugkennwerte aus den Registrationsdatenbanken (wie Abgasstufe, Fahrzeugtechnologie, -alter etc.) verknüpft werden. Damit können, im Unterschied zu Rollenprüfstands- oder RDE-Messungen, große Fahrzeugstichproben erfasst und ausgewertet werden.

## **Wie viele Abgasmessungen werden für die Ermittlung der Abgasmessungen genutzt und sind diese repräsentativ?**

Für die neue HBEFA-Version 3.3 werden detaillierte Abgasmessungen von 27 Diesel-Pkw der Schadstoffklasse Euro 5 und von 25 Diesel-Pkw der Schadstoffklasse Euro 6 verwendet (nach verschiedenen Fahrzyklen auf Sekunden-Basis). Erfasst wurden dabei Fahrzeuge vom Kleinwagen bis zum SUV und damit Autos unterschiedlicher Größe und Leistung sowie unterschiedlichem Gewicht und Hubraum.

Da alle PKW einer Abgasklasse unabhängig der Fahrzeuggröße die identischen Abgasgrenzwerte einhalten müssen, ist die genutzte Anzahl an Fahrzeugen ausreichend, um repräsentative Aussagen zu deren Abgasemissionen zu treffen. Für die Ableitung der Emissionswerte der Diesel-PKW Euro 5 und Euro 6 werden alle verfügbaren Messungen gemittelt. Da die Messungen für diese Daten detailliert für Drehzahl und Drehmoment des Motors vorliegen, erfolgt dieser Mittelungsschritt spezifisch für jeden Punkt des Motorkennfeldes.

Zudem werden die auf dieser Basis ermittelten Emissionsfaktoren mit öffentlich verfügbaren Abgasmessungen verglichen, die für gesamten Fahrzyklus und nicht auf Sekunden-Basis ermittelt wurden. Für die HBEFA-Version 3.3 wurden zudem Messdaten von Remote-Sensing-Messstellen in Schweden und der Schweiz genutzt.

## **Wer bestimmt, für welche Fahrzeuge Abgasmessungen durchgeführt werden?**

Grundsätzlich bestimmen die am HBEFA beteiligten Länder und damit die Geldgeber, für welche Fahrzeuge Abgasmessungen durchgeführt werden. Dabei werden vor allem für Volumenmodelle, also für Fahrzeuge mit hohen Marktanteilen in den jeweiligen Ländern Abgasmessungen durchgeführt. Damit keine Fahrzeuge doppelt untersucht werden, stimmen sich die europäischen Länder in der ERMES Group (European Research for Mobile Emission Sources) zu den Messprogrammen ab. Die ERMES Group wird vom Joint Research Center (JRC) der Europäischen Kommission geleitet. Neben den HBEFA-Ländern sind an der ERMES Group weitere europäische Länder beteiligt. Messungen anderer Länder können so teilweise auch für HBEFA genutzt werden.

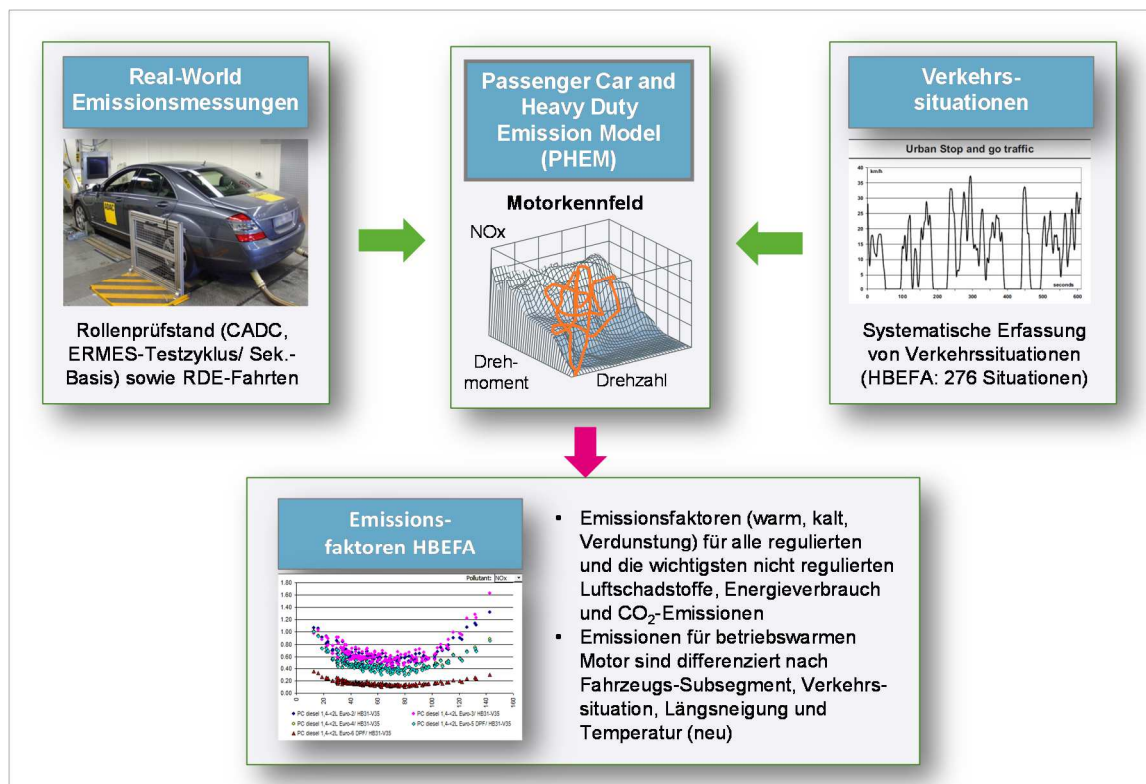
## **Wie werden die Emissionsfaktoren im Handbuch genau ermittelt?**

Detaillierte, pro Sekunde ermittelte Abgasmessungen in Abhängigkeit von Drehzahl und Drehmoment von Fahrzeugen sind zentrale Grundlage zur Ableitung der HBEFA-Emissionsfaktoren. Diese gilt sowohl für Messungen auf dem Rollenprüfstand, als auch bei RDE-Fahrten. Die Messwerte werden aber nicht direkt zur Bestimmung der Emissionsfaktoren für das HBEFA genutzt, sondern zum Kalibrieren des Emissionssimulationsmodells PHEM (Passenger Car and Heavy Duty Emission Model, entwickelt von der Technischen Universität Graz). Mit Hilfe von PHEM wird basierend auf allen vorhandenen Messwerten eines Fahrzeug-Subsegmentes (z. B. Diesel-Pkw Euro 5 mit Hubraum >2,0 L) dann mittlere Emissionen für jeden Punkt des Motorkennfeldes abgeleitet (siehe folgende Abbildung 1).

In einem zweiten Schritt werden dann für den Fahrzeugtyp typische Verkehrssituationen ermittelt. Eine Verkehrssituation beschreibt real bei Fahrten auftretende Fahrzyklen. Diese können mit Geschwindigkeits-Zeit-Diagrammen beschrieben werden. In der Realität können unendlich viele verschiedene reale Fahrzyklen auftreten. Für HBEFA wurden nach Gebietstyp (ländlicher/städtischer Raum), Straßentypen, Tempolimit und Verkehrszustand (Stau, gesättigter, dichter und flüssiger Verkehr) 276 standardisierte Verkehrssituationen identifiziert. Eine typische Verkehrssituation ist beispielsweise eine Fahrt auf einer Autobahn außerorts ohne Geschwindigkeitsbeschränkung bei flüssigem Verkehr. Mit PHEM werden dann für alle Verkehrssituationen (ergänzt um Längsneigungsklassen) differenziert nach Fahrzeug-Subsegment die Emissionsfaktoren ermittelt (siehe Abbildung 1). Hierzu werden die Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme pro Sekunde in Drehzahl und Drehmoment umgesetzt.

Im HBEFA sind dann die mit PHEM ermittelten Emissionsfaktoren für den betriebswarmen Motor differenziert nach Fahrzeug-Subsegment, Verkehrssituation und Längsneigung enthalten (siehe Abbildung 1). Neu ist nun, dass für Diesel-PKW auch die Außentemperatur bei betriebswarmen Motoren berücksichtigt wurde.

Abbildung 1 Vorgehensweise bei der Ermittlung der Emissionsfaktoren von PKW mit betriebswarmen Motors für das HBEFA



Quelle: INFRAS, modifiziert durch UBA.