



Liebe Leserinnen und Leser,

Liebe Leserinnen und Leser, mit der neuen Ausgabe von Lohmeyer aktuell möchten wir Ihnen wieder einen Einblick in aktuelle Themen, Projekte und fachliche Entwicklungen aus unserem Arbeitsumfeld geben. Im Mittelpunkt stehen diesmal zwei Themenfelder, die exemplarisch zeigen, wie eng moderne Umwelt- und Klimafragestellungen inzwischen mit leistungsfähigen Datenbeständen, aktuellen digitalen Werkzeugen und einer sorgfältigen fachlichen Interpretation der Ergebnisse verbunden sind.

Der erste Beitrag befasst sich mit dem Einsatz des Stadtklimamodells PALM-4U für den digitalen Zwilling der Stadt Wuppertal. An diesem

Beispiel wird deutlich, welche Möglichkeiten hochaufgelöste Klimasimulationen bieten, um städtische Wärmebelastungen, Kaltluftströmungen und lokale Austauschprozesse besser zu verstehen. Gerade vor dem Hintergrund zunehmender sommerlicher Hitzebelastungen gewinnen solche Grundlagen für eine klimaangepasste Stadtentwicklung weiter an Bedeutung.

Der zweite Schwerpunkt dieser Ausgabe liegt auf der neuen Version des HBEFA (nunmehr Version 5.1) und deren Relevanz für die Emissions- und Immissionsmodellierung im Straßenverkehr. Die Aktualisierung bringt umfangreiche Änderungen bei Emissionsfaktoren,

Fahrzeugflotten, nicht auspuffbedingten Partikelemissionen sowie weiteren Schadstoffen mit sich. Daraus ergeben sich zum Teil relevante Konsequenzen für Luftschadstoffgutachten, Luftreinhaltepläne, Stickstoffdepositionsberechnungen und Klimaschutzbeiträge. Eine frühzeitige fachliche Einordnung kann deshalb dazu beitragen, Planungs- und Genehmigungsverfahren belastbar und effizient fortzuführen.

Beide Beiträge zeigen, dass sich fachliche Methoden und Datengrundlagen stetig weiterentwickeln. Für die Praxis bedeutet dies, neue Möglichkeiten zu nutzen, zugleich aber auch Annahmen, Grenzen und Auswirkungen nachvollziehbar zu bewerten. Genau darin sehen wir eine wesentliche Aufgabe unserer Arbeit.

Wir wünschen Ihnen eine interessante und anregende Lektüre und freuen uns, wenn diese Ausgabe Ihnen nützliche Hinweise für Ihre eigenen Fragestellungen gibt.

In diesem Sinne, mit sonnigen Grüßen,

AKTUELLES IN KÜRZE

- WinPROKAS ist da: Unsere neue Stand-alone-Software berechnet Kfz-bedingte Emissionen und deren Ausbreitung. Damit steht ein modernes Werkzeug für verkehrsbezogene Luftschadstoffuntersuchungen zur Verfügung. Mehr Infos unter: www.lohmeyer.de/winprokas
- Die Kfz-Emissionsdatenbank HBEFA5.1 ist auch Ende Mai 2026 mit der Version 5.1.007 weiter gewachsen und enthält: Schließung von Datenlücken bei Emissionsfaktoren nicht regulierter Schadstoffe. Aufgrund der relativ geringen Fahrleistungsanteile der betroffenen Fahrzeugschichten sind gegenüber der Version 5.1.006 bezogen auf die Gesamtflotte keine signifikanten Änderungen zu erwarten.
- Die FGSV hat die „Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung - RLU 2023“ auf HBEFA 4.2 aktualisiert. Das BMV führt die „RLuS 2023, Fassung 2025“ per ARS 12/2026 ein. Die Druckversion der RLU 2023 ist erhältlich beim FGSV Verlag, Wesselingener Straße 17, 50999 Köln. Das PC-Berechnungsprogramm kann ab 1.7.2026 bezogen werden bei der Lohmeyer GmbH, Friedrichstraße 24, 01067 Dresden (siehe <https://www.lohmeyer.de/softwarevertrieb/produktuebersicht/rlus4/>)
- Die Überarbeitung der Richtlinie VDI 3790 Blatt 3 (Staubemissionen aus Umschlag und Lagerung von Schüttgütern) ist als Entwurf erschienen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der novellierten EU-Luftqualitätsrichtlinie von Bedeutung, welche eine Absenkung der Feinstaubgrenzwerte beinhaltet. Die Aktualisierung ist daher für Genehmigungs- und Bewertungsverfahren mit Feinstaubrelevanz besonders relevant. Mehr unter: <https://www.vdi.de/mitgliedschaft/vdi-richtlinien/details/vdi-3790-blatt-3-umweltmeteorologie-emissionen-von-gasengeruechen-und-stauben-aus-diffusen-quellen-staubemissionen-aus-umschlag-und-lagerung-von-schuettinguetern>

INHALT

Einsatz von Palm-4U für den Digitalen Zwilling Wuppertal
.....Seite 2

Relevanz von HBEFA5.1 für Emissions- und Immissionsmodellierung Verkehr Seite 3-4

Lohmeyer GmbH

Aerodynamik, Klima, Immissionsschutz und Umweltsoftware
www.lohmeyer.de

Niederlassung Karlsruhe:

info.ka@lohmeyer.de
0721-625100

Niederlassung Dresden:

info.dd@lohmeyer.de
0351-839140

Niederlassung Bochum:

info.bo@lohmeyer.de
0234-5166850

EINSATZ VON PALM-4U FÜR DEN DIGITALEN ZWILLING WUPPERTAL

Die Stadt Wuppertal entwickelt einen Digitalen Zwilling, ein dreidimensionales digitales Abbild der Stadt. Dieser beinhaltet mehrere Fachzwillinge mit konkreten Themen, wie z. B. Klimawandel und Anpassung (Stadt Wuppertal, 2016) und soll Simulationen mit dem Stadtklimamodell PALM-4U (Maronga et al., 2020) für mikroklimatische Belange wie z. B. Hitzebelastung und Austauschprozesse ermöglichen, um die Planaufgaben zu unterstützen.

Die örtlichen Gegebenheiten von Wuppertal stellen hohe Anforderungen an Stadtklimasimulationen, da sich das Siedlungsgebiet vom eingeschnittenen Tal der Wupper über Hangbereiche bis auf die Randhöhen des Bergischen Lands erstreckt. Damit sind kleinräumig variierende Windfelder und thermisch ausgleichende lokale Kaltluftströmungen verbunden.

Unsere Aufgabe bestand in der Vor- und Aufbereitung einer Vorgehensweise zur Umsetzung von PALM-4U für einen typischen heißen Tag, d. h. für einen sommerlichen, wolken- und windarmen Strahlungstag. Als Ergebnis ist ein dynamischer Antriebs-Parametersatz erstellt worden, mit dem die Stadt Wuppertal selbst weitere mikroskalige Simulationen innerhalb der Stadtgrenzen unter Berücksichtigung der Lagedaten des Digitalen Zwillings (Gelände, Gebäude, Landnutzung, Baumstandorte) durchführen wird.

Für die Erstellung des Antriebs-Parametersatzes für das Stadtgebiet von Wuppertal werden Simulationen in einem vierstufigen sogenannten Nesting-Verfahren (Gitterverfeinerung) durchgeführt, damit die regionalen bioklimatischen Verhältnisse und ausgleichende Windströmungen erfasst werden. Grundlage der Simulationsrechnungen sind die Aufnahme des Reliefs und der Landnutzung sowie der Bebauung und Vegetation nach Lage und Höhe im Betrachtungsgebiet. Das äußere Gebiet umfasst das Rhein-Ruhr Gebiet und das Bergische Land mit 200 m horizontaler Auflösung (ca. 126 km x 131 km) und somit alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete. Darin

genestet werden entsprechend den Anforderungen des Modells ein ca. 38 km x 34 km großes Gebiet mit 50 m horizontaler Auflösung und für den Großteil des Siedlungsbezugs von Wuppertal ein Gebiet mit ca. 16 km x 8 km Ausdehnung mit 10 m horizontaler Auflösung. Exemplarisch werden die zentralen Bereiche von Barmen und Elberfeld (jeweils ca. 960 m x 1000 m) darin mit einer horizontalen Auflösung von 2,5 m genestet. Bei den beiden mikroskaligen Simulationen (10 m und 2,5 m) werden Baukörper und hohe Vegetation dreidimensional berücksichtigt; in den mesoskaligen Simulationen sind diese parametrisiert enthalten.

Die Simulationen starten am 06.08.2020 um 22 Uhr UTC, haben eine Laufzeit von 30 Stunden und umfassen einen gesamten Tagessgang. Als meteorologische Eingangsdaten für das größte Gebiet dienen die Messergebnisse an der Station Essen-Bredeney für Temperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die Radiosondenaufstiege für die vertikale Verteilung der Parameter. Die Ergebnisse der Simulation dienen dem nächstkleineren Gebiet als Antrieb. Für das Aufzeigen der bioklimatischen Situation werden Parameter wie z. B. Lufttemperatur, Bioklimaindex UTCI, Strömungsverhältnisse in Boden- und Dachniveau sowie nächtliche Kaltluftströmungen ausgewertet.

Beispielhaft wurden die Detailgebiete Barmen und Elberfeld simuliert und in Abb. 1 ist der UTCI in Elberfeld um 15 Uhr zu sehen. Die große Spannweite an Werten ist hauptsächlich durch die Differenzen zwischen besonnten und verschatteten Bereichen verursacht. Die räumlichen Unterschiede infolge der Verschattung resultieren überwiegend aus der daraus resultierenden unterschiedlichen Strahlungstemperatur, die neben der Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit als meteorologische Größe in die Berechnung des UTCI eingeht. In verschatteten Bereichen durch Gebäude, Bauwerke (Brücke) und dichte Baumstandorte werden mäßige

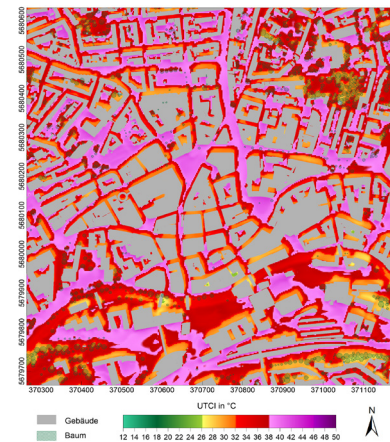


Abb. 1: Simulierter Bioklimaindex UTCI um 15 Uhr in Elberfeld

Wärmebelastungen simuliert, d. h. ein UTCI zwischen 26 °C und 32 °C (gelb und orange). Entlang der Wupper und über Vegetationsflächen werden starke Wärmebelastungen simuliert mit UTCI-Werten zwischen 32 °C und 38 °C (rot). Vorwiegend ist im Untersuchungsbereich eine sehr starke Wärmebelastung mit UTCI-Werten zwischen 38 °C und 46 °C (violett) ermittelt, wobei frei besonnte versiegelte Flächen um einen UTCI-Wert von ca. 40 °C liegen und südliche Nahbereiche von Gebäuden teils UTCI-Werte von bis zu 42 °C aufweisen.

Abb. 2 zeigt die Lufttemperatur in 2 m Höhe mit Windrichtung und

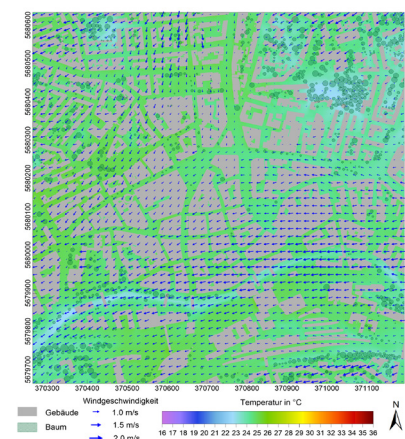


Abb. 2: Simulierte Lufttemperatur in 2 m Höhe mit Windrichtung- und Windgeschwindigkeit über Dachniveau um 24 Uhr in Elberfeld

Windgeschwindigkeit der gesamten Kaltluftströmung über dem Dachniveau um 24 Uhr in Elberfeld.

Über Wasserflächen, Vegetationsflächen und Parkanlagen werden mit 22 °C bis 23 °C die geringsten Temperaturen berechnet. Der bebauter Bereich im Nordosten des Untersuchungsgebietes ist mit etwa 24 °C etwas kühler als der Bereich im Westen und Süden mit bis zu 25 °C. Die Strömung verläuft im südlichen Bereich talparallel von Osten nach Westen mit einer Windgeschwindigkeit von ca. 1 m/s. Im Norden strömt die Luft aus Nordost ins Untersuchungsgebiet und schwenkt nach Westen. Die unterschiedlich gerichteten Strömungen zeigen die Bedeutung des Nestingverfahrens, so wird auch die Wirkung der Kaltluft aus

angrenzenden Tälern in das Tal der Wupper im Detailgebiet einbezogen.

Mit den beschriebenen und der Stadtverwaltung Wuppertal übergebenen Ergebnissen der mikroskalierten Simulationen als digitalen Antriebs-Parametersatz können weitere Simulationen für ausgewählte Bereiche innerhalb Wuppertals durchgeführt und in den Digitalen Zwilling eingearbeitet werden. Dafür soll die PALM-4U GUI des Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP 2025) mit einer integrierten Datenschnittstelle zum Digitalen Zwilling Wuppertal und einer Erweiterung um das Nesting-Verfahren eingesetzt werden.

Literatur:

Maronga et al. (2020): Overview of the PALM model system 6.0, Geoscientific Model Development 13 (2019):1335-1372

Stadt Wuppertal (2016): DigiTal Zwilling. smart.wuppertal. URL: <https://smart.wuppertal.de/projekte/digital-zwilling.php>. (abgerufen am 21.05.2026)

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP (2025): Klimagerechte Stadtgestaltung mit PALM-4U. URL: <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/hygrothermik/aktuelle-forschungsthemen/klimawandelanpassungs-massnahmen-mit-palm4u.html> (abgerufen am 21.05.2026)

Ansprechpartnerin:

M.Sc. Met. Colleen Zellmer

RELEVANZ VON HBEFA 5.1 FÜR EMISSIONS- UND IMMISSIONSMODELLIERUNG VERKEHR

Im Oktober 2025 wurde durch INFRAS das "Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs" in der neuen Version HBEFA 5.1_001 veröffentlicht. Neben inhaltlichen Aktualisierungen und Erweiterungen wurde HBEFA außerdem technisch modernisiert. Die Anwendung migrierte vollständig auf eine neue Python-basierte Client-Server-Architektur, die schnellere Abfragen, API-Zugriffe und bessere Performance ermöglicht. Bei dieser Umstellung kam es anfangs noch zu einigen programminternen Fehlern, die teilweise zu falschen Ergebnissen bei der Ausgabe der Emissionsfaktoren führten. Diese Fehler wurden – nicht auch zuletzt durch unser Büro als HBEFA-Beta-Tester – zeitnah erkannt und durch INFRAS behoben. Seit Juni 2026 liegt nun die mehrfach korrigierte Version als HBEFA5.1_007 vor, auf die im Weiteren Bezug genommen wird.

Aus den seit Jahresbeginn 2026 gesammelten Erfahrungen aus der praktischen Anwendung sollen im Folgenden einige relevante Konsequenzen bei der Emissions- und Immissionsmodellierung im Vergleich zur Datenbasis der Vorgängerversion HBEFA 4.2 aufgezeigt werden.

Die Emissionsfaktoren in HBEFA 5.1 wurden umfassend aktualisiert und um neue Fahrzeugschichten, Prozesse und

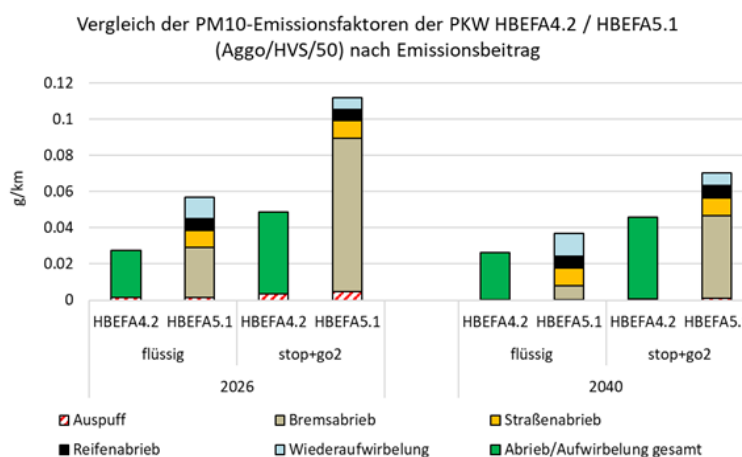


Abb. 1: Gegenüberstellung von PM10-Emissionsfaktoren in HBEFA 4.2 und HBEFA 5.1

Schadstoffe erweitert. Des Weiteren wurden Emissionsfaktoren für Euro-7-Fahrzeuge, Kaltstartemissionen für schwere Nutzfahrzeuge und Busse sowie neue nicht-regulierte Schadstoffe integriert.

Die emissionsseitigen Auswirkungen dieser Neuerungen sind sehr komplex und können nur für konkret definierte Rahmenbedingungen bzgl. Verkehrssituation, Bezugsjahr der Fahrzeugflotte oder Streckenlängsneigung quantifiziert werden. Generelle Aussagen können hingegen lediglich qualitativ getroffen werden. Im Folgenden werden deshalb anhand ausgewählter Einzelbetrachtungen einige wesentliche

tendenzielle Änderungen aufgezeigt.

In Abb.1 ist der Vergleich der PM10-Emissionsfaktoren nach HBEFA 4.2 / HBEFA 5.1 nach den jeweiligen Emissionsbeiträgen aus Auspuff und nicht auspuffbedingten Quellen für PKW am Beispiel einer Innerorts-Verkehrssituation dargestellt. Zur Verdeutlichung der Auswirkungen der Flottenentwicklung sind dabei die Bezugsjahre 2026 und 2040 gegenübergestellt. der Einfluss des level of service (LOS) wird anhand des Vergleichs der Emissionsfaktoren bei flüssigem Verkehr gegenüber dem im stop+go2 verdeutlicht. Während im HBEFA 4.2 die nicht motorbedingten Partikel

als Gesamtwert für Abrieb und Wiederaufwirbelung ausgewiesen wurden, werden diese in HBEFA 5.1 nach den Einzelbeiträgen Straßen-, Brems- und Reifenabrieb sowie Wiederaufwirbelung differenziert.

Der Vergleich zeigt zunächst, dass Gesamt-PM10 in HBEFA 5.1 in allen betrachteten Szenarien deutlich höher ist. Der absolute Beitrag der Auspuffemissionen ist dabei relativ gleichgeblieben, ihr Anteil am Gesamt-PM10 liegt im Jahre 2026 deutlich unter 10 %, im Jahre 2040 bei maximal 2 %.

In HBEFA 4.2 fand bei nichtauspuffbedingtem PM10 keine Berücksichtigung der Flottenentwicklung statt. Dementsprechend waren diese auch nicht bezugsjahresabhängig. In HBEFA 5.1 hingegen sind insbesondere die Bremsabriebe fahrzeugschichtspezifisch. Dabei wird z. B. berücksichtigt, dass ein Elektrofahrzeug auf Grund des elektrodynamischen Bremsanteils einen deutlich geringeren Bremsabrieb hat als ein Fahrzeug, das ausnahmslos mechanisch bremst. Dementsprechend sinken mit zunehmendem Elektro-Anteil die Gesamt-Partikel-Emissionen. Qualitativ trifft diese Aussage auch für PM2.5 und Partikelanzahl (PN) zu. Der Bremsabrieb nimmt dabei mit schlechter werdendem Verkehrsfluss zu.

Eine weitere tendenzielle Emissionserhöhung ist beim Ammoniak zu beobachten. Während die NO_x-Emissionsfaktoren relativ gleichgeblieben sind, ist NH₃ bei den

Schwerverkehrskategorien deutlich angestiegen. Der in Abb. 2 dargestellte Vergleich zeigt dies am Beispiel einer Autobahn-Verkehrssituation. Die vorgenommene Aktualisierung der NH₃-Emissionsfaktoren – insbesondere der Euro-VI- Fahrzeuge – basiert auf Ergebnissen verbesserter Messverfahren, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Werte in HBEFA 4.2 deutlich zu niedrig angenommen wurden. Dies hat insbesondere bei der Modellierung von Sickstoffeinträgen deutliche Auswirkungen.

dargestellt. Demnach ist der Elektroanteil bei den SNF im Jahre 2040 von ca. 10 % in HBEFA 4.2 auf ca. 60 % in HBEFA 5.1 gestiegen. Bei den PKW ist dieser Anstieg in etwa gleich. Da Elektrofahrzeuge lokal keine Auspuffemissionen verursachen, wirkt sich die Aktualisierung der Flottenentwicklung gegenüber HBEFA 4.2 bei allen auspuffbedingten Schadstoffkomponenten generell emissionsmindernd aus.

Die exemplarisch dargestellten Effekte und Tendenzen verdeutlichen, dass die Anwendung von HBEFA

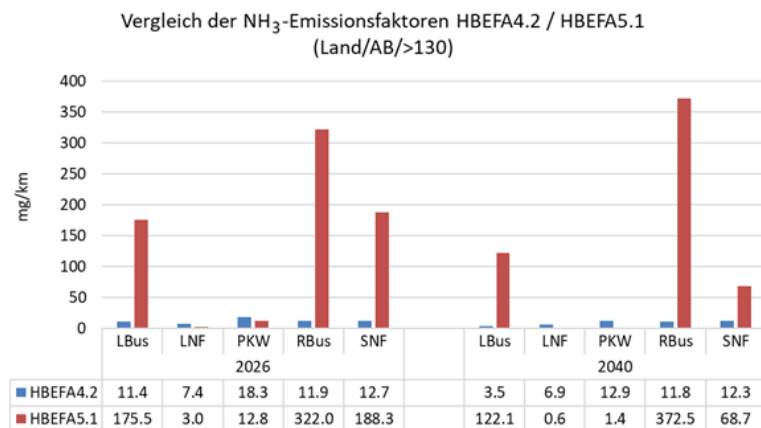


Abb. 2: Gegenüberstellung von NH₃-Emissionsfaktoren in HBEFA 4.2 und HBEFA 5.1

Der tendenzielle Rückgang der NH₃-Faktoren mit künftigen Bezugsjahren ist dem Anstieg des Elektroanteils geschuldet. In Abb. 3 sind vergleichend die in HBEFA 4.2 und 5.1 angenommenen Innerorts-Flottenzusammensetzungen differenziert nach Antriebsart für PKW und SNF

5.1 gegenüber HBEFA 4.2 zu durchaus relevanten Änderungen in den Ergebnissen der Emissions- und demzufolge auch der Immissionsmodellierung führen.

Zudem sind Emissionsfaktoren für die Treibhausgas-Emissionen aus der Vorkette (Well-To-Tank) in HBEFA 5.1 nicht mehr verfügbar. Diese sind jedoch z. B. für die Erstellung von Treibhausgasbilanzen oder Fachbeiträgen zum Klimaschutz notwendig. Wir haben diese Lücke deshalb auf Basis anderer Berechnungsansätze geschlossen.

Als Konsequenz für laufende Genehmigungsverfahren ergibt sich u. E., dass die erstellten Luftschadstoffgutachten, Fachbeiträge Klimaschutz sowie die Stickstoffdepositionsrechnungen im Rahmen der FFH-Relevanzprüfung aktualisiert werden sollten, um unnötige Verzögerungen in der Genehmigung bzw. Planung zu vermeiden.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Wolfram Schmidt

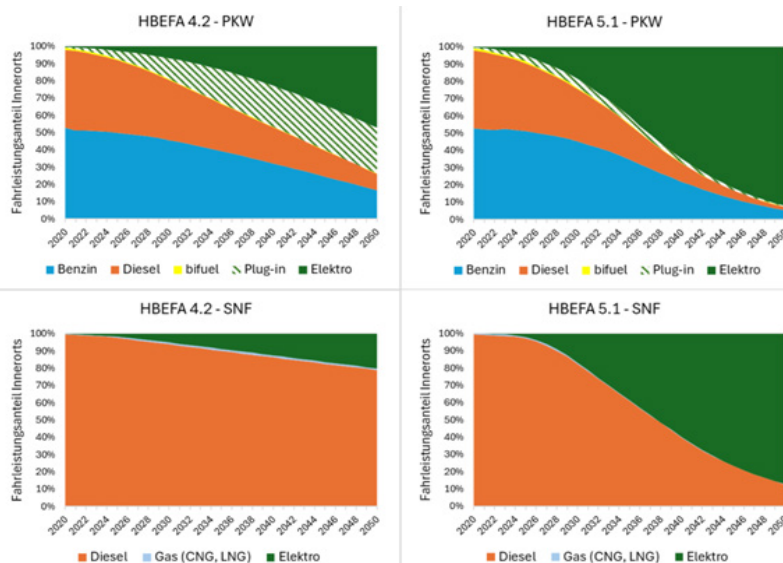


Abb. 3: Angenommene Fahrleistungsanteile Innerorts für PKW und Schwerverkehr nach HBEFA 4.2 und HBEFA 5.1