

Aktualisierung des MLuS 02, geänderte Fassung 2005 bezüglich Emission, Lärmschutzmodul, NO-NO₂-Konversion, Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV

FA 2.255

Forschungsstelle: Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul

Bearbeiter: Düring, I./ Lohmeyer, A./ Flassak, T./ Dünnebeil, F./ Nitzsche, E./ Sörgel, C./ Hoffmann, T./ Rehberger, I.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: April 2012

1 Ergebnisse der Aktualisierung des MLuS 02

1.1 Aktualisierung der motorbedingten Emissionsdaten

In der bisherigen Version des MLuS sind nur Pkw bis zu den Emissionsstufen Euro 4 und Lkw nur bis zu der Emissionsstufe Euro V berücksichtigt. Durch das europäische Forschungsprojekt ARTEMIS sowie das Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in der Version 3.1 (2010) liegen aktualisierte motorbedingte Emissionsfaktoren einschließlich der für die direkten NO₂-Emissionen vor. Diese neue Emissionsfaktorendatenbasis ermöglicht damit eine bessere Abschätzung der Emissionen als es bisher möglich war. Zudem wurden mit dem HBEFA 3.1 auch die Flottenzusammensetzungen aktualisiert, u. a. ist nun auch die Einführung neuer Abgasnormen (Euro 5/6/VI) berücksichtigt. Auf Basis des HBEFA 3.1 wurde das Emissionsmodul grundlegend überarbeitet. Die Emissionsberechnung kann für die Bezugsjahre 2005 bis 2030 erfolgen.

1.2 Aktualisierung der nicht motorbedingten Emissionsdaten

Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren werden im HBEFA 3.1 nicht angegeben. Deshalb wurden entsprechende Berechnungsvorschläge abgeleitet.

1.2.1 Feinstaubpartikel PM₁₀

Es erfolgte eine Neuauswertung der vorliegenden Messdaten für Außerortsstraßen unter Berücksichtigung des HBEFA 3.1. Alle Messungen zeigen auch unter Berücksichtigung des HBEFA 3.1 eine deutliche Relevanz der nicht motorbedingten PM₁₀-Emissionen auf. Deren Anteil an den PM₁₀-Gesamtemissionen liegt bei ca. 35 bis knapp 70 %, im Mittel bei ca. 50 %. Der Beitrag des Straßenabriebs plus Aufwirbelung von Straßenstaub liegt in den beiden Messungen, die dies separat ausweisen, bei ca. 20 bis 30 %, bzgl. Brems- und Reifenabrieb gibt es widersprüchliche Ergebnisse. So liefern die Messungen an der A 61 deutliche Hinweise auf Bremsabriebe und nur sehr geringen Reifenabrieb. Bei den Datenauswertungen zur B 10 war dies umgekehrt. Auch die Messungen an der A 2 zeigen eher geringe Bremsabriebemissionen. Die aus den Inhaltsstoffanalysen und/oder Partikelgrößenverteilungen abgeleiteten Auspuffpartikelemissionen vergleichen sich gut mit denen des HBEFA 3.1. Die Abweichungen liegen zwischen 7 und 14 %, wobei die Emissionsfaktoren des HBEFA 3.1 immer höher sind. Die nach Leichtverkehr (LV) und

Schwerverkehr (SV) differenzierten PM₁₀-Emissionsfaktoren (soweit ableitbar) zeigen große Bandbreiten auf und sind zudem sehr unsicher. Eine Systematisierung in Bezug auf unterschiedliche Tempolimits und Level-of-Service (LOS) ist hier wegen der nur wenigen Datenkollektive nicht möglich, drängt sich aber auch nicht auf.

Es wird wie bisher für die Berechnung der PM₁₀-Emissionsfaktoren einer Straße davon ausgegangen, dass sie sich für das zu betrachtende Bezugsjahr (Bzj) zusammensetzen aus den Emissionen aus dem Auspuff und einem Beitrag infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Abrieben und Straßenstaub, also

$$e_{PM10}(Bzj) = e_{PM10}^{Auspuff}(Bzj) + e_{PM10}^{Auf/Ab}(Bzj)$$

Dabei werden die Emissionsfaktoren aus dem Auspuff $e_{PM10}^{Auspuff}(Bzj)$ aus dem HBEFA entnommen. Für Abriebe und Aufwirbelung wird angesetzt, dass diese vom Bezugsjahr unabhängig sind, also

$$e_{PM10}^{Auf/Ab}(Bzj) = e_{PM10}^{Auf/Ab}$$

Für die Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb werden für freie (nicht überdeckelte Strecken) im guten Fahrbahnzustand folgende Werte vorgeschlagen:

LV: für alle Verkehrssituationen mit Tempolimit größer 50 km/h unabhängig vom LOS (freie Strecke)
→ 30 mg/(km · Fzg)

SV: für alle Verkehrssituationen mit Tempolimit größer 50 km/h unabhängig vom LOS (freie Strecke)
→ 130 mg/(km · Fzg).

Für Tunnelstrecken wird vorgeschlagen:

LV: für alle Verkehrssituationen mit Tempolimit größer 50 km/h unabhängig vom LOS (Tunnel)
→ 5 mg/(km · Fzg)

SV: für alle Verkehrssituationen mit Tempolimit größer 50 km/h unabhängig vom LOS (Tunnel)
→ 130 mg/(km · Fzg).

Für Straßen im schlechten Zustand sind diese Werte mit dem Faktor 2 zu multiplizieren.

1.2.2 Feinstaubpartikel PM_{2,5}

Hierzu wurden Messdaten ausgewertet und in der Literatur angegebene PM_{2,5}-Emissionsfaktoren systematisiert. Es kann dabei festgestellt werden, dass alle Fachleute davon ausge-

hen, dass auch die PM_{2,5}-Emissionen neben den Motoremissionen einen Anteil Emissionen aus Abrieben (Reifen-, Straßen- und Bremsabrieb) beinhalten. Kupplungsabriebe werden im Motorgehäuse zurückgehalten. Der Anteil PM_{2,5} an der Wiederaufwirbelung von Straßenstaub ist unklar. Er scheint aber eher in der Partikelfraktion größer 2,5 µm zu liegen. Die Bandbreite der angegebenen PM_{2,5}-Emissionsfaktoren sowie deren Anteil an den PM₁₀-Emissionen streut erheblich. So wird der Anteil der nicht motorbedingten PM_{2,5}-Emissionen an den nicht motorbedingten PM₁₀-Emissionen mit 10 bis 54 % angegeben. Weiterhin ist festzustellen, dass es nur wenige, aus Immissionsmessdaten abgeleitete, PM_{2,5}-Emissionsfaktoren gibt. Es wird vorgeschlagen, die nicht motorbedingten PM_{2,5}-Emissionen (Reifen-, Straßen- und Bremsabrieb) mittels des Ansatzes aus CORINAIR (2007) zu berechnen. Kupplungsabrieb und Wiederaufwirbelung von Straßenstaub werden vernachlässigt. Um eine deutliche Verbesserung der Aussagegesicherheit zu erhalten, sind dringend weitere PM_{2,5}-Immissionsdatenauswertungen nötig.

1.3 Emissionsfaktoren für Benzo(a)pyren

Benzo(a)pyren (BaP) stellt die Leitsubstanz für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dar. Die Emissionsfaktoren setzen sich aus Auspuffemissionen und nicht auspuffbedingten Emissionsfaktoren zusammen. Emissionsfaktoren für BaP werden im HBEFA 3.1 nicht angegeben. Deshalb wurde ein entsprechender Berechnungsvorschlag abgeleitet. Er basiert auf BaP-Emissionsfaktoren aus einer Studie des Schweizer Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, 1999).

1.4 Aktualisierung der absoluten Vorbelastungswerte

Die bisher im MLuS integrierten gebietstypischen Vorbelastungswerte wurden anhand vorliegender Messdaten aus den Jahren 2000 bis 2006 aktualisiert. Neu wurden Vorbelastungsdaten für PM_{2,5} abgeleitet, da diese bisher im MLuS noch nicht vorgesehen waren.

1.5 Aktualisierung des Ansatzes für Vorbelastungsentwicklung

Die Änderungen der Vorbelastungswerte werden wie bisher nicht als flächendeckende Immissionsprognosen gegeben, sondern tabellarisch in Form von Reduktionsfaktoren der Schadstoffbelastung. Als Bezugsjahr wird nunmehr das Jahr 2000 verwendet. Reduktionsfaktoren werden für den Zeitraum 2005 bis 2025 angegeben. Die Aktualisierung erfolgte auf Grundlage vorliegender Ergebnisse deutschlandweiter Modellrechnungen. Die Faktoren gelten für Jahresmittelwerte. Sie wurden mit dem Länderausschuss für Immissionsschutz, Unterausschuss "Verkehrsimmissionen" sowie dem Umweltbundesamt abgestimmt. Für den Zeitraum 2025 bis 2030 werden keine Reduktionen gegenüber dem Jahr 2025 angesetzt.

1.6 Erweiterung des Lärmschutzmoduls

Lärmschutzwände und -wälle können unter bestimmten Bedingungen eine anliegerseitige Minderung verkehrsbedingter Luftschadstoffe bewirken. Die Abschätzungen deren Wirkun-

gen wurden auf der Grundlage von mikroskaligen Modellrechnungen (MISKAM) quantifiziert und mit Windkanalmessungen bzw. Ergebnissen aus der Literatur abgeglichen. Nunmehr können Lärmschutzwände und Lärmschutzwälle bis 10 m berücksichtigt werden.

1.7 Aktualisierung des NO-NO₂-Konversionsmodells

Hierzu wird nunmehr ein vereinfachtes Chemiemodell auf Basis der Beschreibung der chemischen Umwandlung im Gleichgewicht der Stoffe NO₂, NO und Ozon verwendet. Die Annahmen, die zu den Vereinfachungen führen, sind:

- ein Gleichgewicht im System NO₂-NO-O₃ stellt sich schnell ein,
- Umsetzungen mit OGD (organische Gase und Dämpfe) werden nicht betrachtet,
- Mischungsprozesse und Senken (also Advektion, turbulente Diffusion, Einfluss der Randbedingungen, Deposition) werden über eine Mischungszeit τ parametrisiert,
- der Beitrag der Verkehrsemissionen wird aus der Differenz der gemessenen NO_x-Konzentrationen zweier Luftmessstationen geschätzt,
- der Windrichtungseinfluss wird nicht betrachtet.

Neben den berechneten NO_x-Zusatzbelastungen und den NO- und NO₂-Vorbelastungen wird mit o. g. vereinfachtem Chemiemodell der Einfluss des direkten NO₂-Anteils an den NO_x-Emissionen (wird mittels HBEFA 3.1 berechnet) sowie der Ozon-Hintergrundbelastung (wird wie die NO- und NO₂-Vorbelastung vorgegeben) explizit berücksichtigt.

1.8 Aktualisierung der Funktion zur Abschätzung der Überschreitungshäufigkeiten des NO₂-Stundengrenzwerts

Hierzu wurden Messdaten aus den Landes- und UBA-Messnetzen der Jahre 2000 bis 2009 ausgewertet. Es wurde festgestellt, dass bei den vorliegenden Messdaten eine Überschreitung der pro Jahr 18 erlaubten NO₂-Stundenwerte erst ab einem NO₂-Jahresmittelwert von 57 µg/m³ eingetreten ist. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens ist allerdings auch da sehr gering. Es wurde die bisher im MLuS integrierte Funktion wie folgt angepasst:

$$\text{Anzahl 1h-Wert} > 200\mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,4 \cdot \exp(0,07 \cdot \text{NO}_2(\text{Jahresmittel}))$$

Dies stellt wiederum (insbesondere im relevanten Bereich um die 18 Überschreitungen) die Einhüllende an die aktuellen Messdaten dar. Auch hier wird oft die tatsächliche Anzahl von Überschreitungen eher geringer sein als die Messdaten. Da aber die Überschreitung des Grenzwerts für NO₂ weiterhin bereits durch den Jahresmittelwert bestimmt wird, wurde diese konservative Abschätzung akzeptiert und in die RLUS integriert.

2 RLuS-PC-Programm

Mit den zuvor erläuterten Ergebnissen wurde eine grundlegende Aktualisierung des PC-Programms durchgeführt. In Absprache mit dem zuständigen FGSV-Arbeitsausschuss wird das Programm "Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung" (RLuS) heißen. Die Onlinehilfe und das Handbuch zum Programm wurden ebenfalls aktualisiert.

3 Vergleich der Rechenergebnisse mit Messdaten sowie Sensitivitätsbetrachtungen

Für ein Screeningmodell ist die Übereinstimmung zwischen Modellrechnung und Messung gut. Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten liegt bei Betrachtung von PM_{10} -Jahresmittelwerten (35 Datensätze) bei 0,7, der Anstieg der Korrelationsfunktion liegt bei 1,16 (im Mittel also 16 % Überschätzung durch das Modell) und der additive Term der Korrelationsfunktion geht gegen Null. Nur zwei der 35 Datensätze werden durch die RLuS unterschätzt. Der Vergleich zwischen RLuS-Berechnung und den NO_2 -Messwerten zeigt im Mittel eine Überschätzung durch das Modell von ca. 17 %. Nur zwei der 15 Datensätze werden durch die RLuS unterschätzt (max. 2 %).

Im Rahmen einer Sensitivitätsuntersuchung wurden die verschiedenen Einflussparameter in realistischen Grenzen bei Konstanz der anderen Eingangsgrößen variiert. Dies ermöglicht durch den Vergleich mit Ergebnissen, die mit Referenzparametern erhalten wurden, eine Beurteilung des Einflusses des jeweiligen Parameters auf die Ergebnisvarianz.

4 RLuS-Broschüre

Abgeschlossen ist die Aktualisierung der RLuS-Broschüre.