



Liebe Leserinnen und Leser,

das Jahr neigt sich dem Ende zu und wir möchten Ihnen gerne ausgewählte Themen präsentieren, die uns 2016 beschäftigt haben.

Im ersten Artikel berichten wir über die Aktualisierung des Geruchsemissionsmoduls im Programm GERDA, die wir im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg durchgeführt haben.

Innerhalb eines Projektes für das Umweltbundesamt konnten wir diverse in Europa und USA verwendete Ansätze zur Modellierung von Abrieb und Aufwirbelung straßenverkehrsbedingter Feinstaubemissionen gegenüberstellen und systematisieren, um einen qualifizierten Vorschlag zur Integration ins Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) zu liefern. Zur Anwendung kam auch das Modell NORTrip, welches die entsprechenden physikalischen Zusammenhänge im Detail beschreibt. Unser zweiter

Beitrag fasst die Ergebnisse des Projektes einschließlich der Empfehlungen zusammen.

In den letzten Jahren konnten wir bei der Bestimmung von straßenverkehrsbedingten Emissionen insbesondere beim Einfluss der Fahrdynamik mit Hilfe von Messfahrten im Realbetrieb und der Anwendung des detaillierten Emissionsmodells PHEM sehr viele Erkenntnisse sammeln und damit unsere Emissionsbestimmungsmethode auf ein realistischeres Niveau bringen. Über einen speziellen Anwendungsfall in Bezug auf Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen berichten wir im dritten Beitrag.

Ich hoffe Ihr Interesse geweckt zu haben und wünsche Ihnen eine besinnliche und gesegnete Weihnachtszeit sowie ein gutes neues Jahr.

Tilo H. Hoffmann



WIR
BEDANKEN
UNS FÜR
INTERESSANTE
PROJEKTE,
INSPIRIERENDE
GESPRÄCHE UND DIE
VERTRAUENSVOLLE
ZUSAMMENARBEIT!

FROHE WEIHNACHTEN UND
EIN GLÜCKLICHES NEUES
JAHR!



AKTUELLES IN KÜRZE

- Im Oktober 2016 startete das UFOPLAN-Projekt 3716 52 200 0 „Einfluss eines Großflughafens auf zeitliche und räumliche Verteilungen der Außenluftkonzentrationen von Ultrafeinstaub < 100 nm, um die potentielle Belastung in der Nähe zu beschreiben - unter Einbeziehung weiterer Luftschadstoffe (Ruß, Stickoxide und Feinstaub (PM-2,5 und PM-10))“. U.a. werden die Immissionen mittels Modellrechnungen ermittelt und anhand von Messwerten validiert. Unser Büro hat die Koordination des Projektes inne und führt einen Teil der Modellrechnungen durch.
- Gegenwärtig werden verstärkt Drohnen (z.B. Okto- oder Quadrocopter) auch zu Luftschadstoffmessungen eingesetzt. Die Anbieter solcher Systeme versprechen, dass so entlang vorher festgelegter Routen oder an bestimmten Raumpunkten Schadstoffkonzentrationen gemessen werden können. Im Auftrag der BASt haben das Fraunhofer-Institut Dresden, das Institut für Troposphärenforschung Leipzig sowie unser Büro mit der Bearbeitung eines Projektes begonnen.
- Der Artikel „Stickstoffeinträge in empfindliche FFH-Gebiete durch den Kfz-Verkehr - zeitliche Veränderungen im Hinblick auf das Abschneidekriterium“ (Nagel, Lorentz) erscheint in der nächsten Ausgabe 1/2017 (März) der Zeitschrift Immissionsschutz.
- Für SAMS Global (System zur Immissionsberechnung bei Schadensereignissen) ist ein Update mit Online-Kartenanbindung für OpenStreetMap, GoogleMaps und WMS-Server verfügbar. Nähere Informationen hierzu erhalten Sie bei Tilo Hoffmann (0351/83914-19, Tilo.Hoffmann@lohmeyer.de)

INHALT

GERDA IV - aktualisiertes Screeningtool der Behörden in Baden-Württemberg Seite 2

NORTrip-Detailmodell für PM_x-Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieb Seite 3

Wirkung der Änderung eines Tempolimits von 50 km/h (T50) auf 30 km/h (T30) Seite 4

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG
Aerodynamik, Klima, Immissionsschutz und Umweltsoftware
www.lohmeyer.de

Büro Karlsruhe:
An der Rosswald 3, 76229 Karlsruhe
Tel.: 0721 / 625 10 0
Fax: 0721 / 625 10 30
E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

Büro Dresden:
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Tel.: 0351 / 839 14 0
Fax: 0351 / 839 14 59
E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

GERDA IV - AKTUALISIERTES SCREENINGTOOL DER BEHÖRDEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG ZUR ABSCHÄTZUNG DER IMMISSIONSSEITIGEN RELEVANZ VON GERÜCHEN AUS SECHS ANLAGENTYPEN

Zu Beginn eines Planungsverfahrens für eine Anlage oder ein Baugebiet stellt sich häufig die Frage nach der Relevanz möglicher Geruchsmissionen.

Um die Geruchsemissionen bzw. die verursachten Immissionen durch Räumlichkeiten, Kompostplätze, Kläranlagen, Lackieranlagen oder Gießereien in dieser frühen Phase einzuschätzen, wurden GERDA [1] bzw. GERDA II [2] entwickelt. Bei der Aktualisierung GERDA III [3] wurde der Anlagentyp Biogasanlagen in das Screeningtool integriert. Prinzipiell ist auch die freie Eingabe von Geruchsemissionen, d.h. für andere Emittenten möglich. In diesem Jahr erfolgte eine erneute Überarbeitung der Emissionsabschätzungen für die sechs Anlagentypen, die in der Bereitstellung von GERDA IV [4] mündete.

Bei GERDA IV handelt es sich um ein Screeningverfahren mit konservativen Ansätzen. Es soll, ebenso wie die vorherigen Versionen, keine Gutachten ersetzen, sondern nur einen Hinweis liefern, inwieweit Gutachten erforderlich oder nicht erforderlich sind. Des Weiteren kann GERDA IV zur überschlägigen Einschätzung von Vorbelastungsquellen eingesetzt werden.

Es steht mit GERDA IV eine Programmoberfläche zur Verfügung, anhand derer der Nutzer die erforderlichen Eingangsdaten zur Emissionsabschätzung für den jeweiligen der sechs möglichen Anlagentypen eingeben kann. Die notwendigen Eingangsdaten beschränken sich auf einen möglichst geringen Umfang, der bereits zu einem frühen Planungsstand verfügbar ist.

Die Berechnung der Geruchsmissionen in Geruchsstundenhäufigkeit in Prozent der Jahresstunden erfolgt auf Basis von AUSTAL2000, dem Referenzmodell der TA Luft (2002), jedoch in Screening-Qualität mit geringen Rechenzeiten. In Baden-Württemberg werden hierzu synthetische Windstatistiken in GERDA bereitgestellt. Im

Ergebnis wird sowohl ein Protokoll der Emissionsabschätzung als auch ein farbiges, flächenhaftes Immissionsbild einschließlich Hintergrundkarte erzeugt. Die Darstellung der Immissionen erfolgt auf dem Rechenraster, die Farbstufen der Legende sind auf > 10 % und > 15% bzw. > 8 % und > 25 % der Jahresstunden Geruchsstundenhäufigkeit beschränkt. Damit kann z. B. die zu erwartende Einhaltung bzw. Überschreitung der Immissionswerte nach Geruchsimmissions-Richtlinie für Wohn-/ Mischgebiete bzw. Gewerbegebiete überprüft werden. Aussagen zur Einhaltung der Relevanz sind folglich mit GERDA IV nicht möglich. Um in der Regel entsprechend dem Screening-Ansatz konservative Ergebnisse zu erzielen, beinhalten die GERDA IV-Ergebnisse einen immissionsseitigen Sicherheitszuschlag. Gleichwohl sollten Anwendungsgrenzen von GERDA IV, die durch die entsprechend eines Screeningtools vorgenommenen Vereinfachungen verursacht werden, beachtet werden. Dies sind der ggf. relevante Einfluss des Reliefs, von Kaltluft, der Gebäudestrukturen oder von Abständen von weniger als 75 m zwischen Quelle und Beurteilungspunkt an einem Untersuchungsstandort.

Bei der Überarbeitung der Emissionsabschätzungen für die sechs Anlagentypen von GERDA III zu GERDA IV kam es basierend auf einer Literaturrecherche zu folgenden Änderungen:

Die Emissionsbestimmung für Gießereien wurde überarbeitet. Es wurden Abfragen bzgl. des Vorhandenseins von Abgasnachbehandlungen für alle Prozesse einer Gießerei integriert. Die Behandlung der Bindemittel bei den Prozessen der Kernmacherei und der Gießstrecke wurde angepasst.

Es wurden die angesetzten Emissionsfaktoren für die verschiedenen Anlagenteile von Kläranlagen anhand von [5], [6] und [7] aktualisiert. Es können nun auch

„Regenrückhaltebecken“ unter Verwendung des in [5] genannten Emissionsfaktors berücksichtigt werden.

Die Emissionsbestimmung für Biogasanlagen wurde anhand der aktuellen Emissionsfaktoren in [8] und [9] überarbeitet. Der Ansatz für Minderung durch künstliche Abdeckungen von Güllelagern wurde an [8] angepasst.

Im Verfahren zur Geruchsemissionsbestimmung für Abfallkompostieranlagen, für Räumlichkeiten und für Lackieranlagen wurden keine Änderungen vorgenommen. Die aktuelle Recherche hat keine belastbaren Daten für eine Überarbeitung der Ansätze für diese Anlagentypen ergeben bzw. die bisherigen Ansätze bestätigt. Die Emissionsbestimmung zur Wickeldrahtlackierung wurde aufgrund einer zu wenig belastbaren Datenlage herausgenommen. Für die „Sonstige Beschichtung von Metall und Kunststoff“ wird der Hinweis aufgenommen, dass GERDA IV nur für den Anwendungsfall geeignet ist, wenn im Trockner keine Crackprodukte entstehen und wenn Geruchsstoffemissionen durch Lösemittelmmissionen bestimmt sind, d.h. nicht bei Pulverlackierung.

GERDA IV wird für geschultes Personal der unteren und oberen Immissionsschutzbehörden so wie der Landwirtschaftsverwaltung in Baden-Württemberg zur Verfügung stehen. Weiterhin ist eine Aktualisierung der derzeitigen Verkaufsversion GERDA II (vgl. <http://www.lohmeyer.de/de/content/software-vertrieb/produktuebersicht/gerda-ii>), d.h. die Übernahme der Änderungen in der Emissionsabschätzung und die Behandlung von Biogasanlagen analog zu GERDA IV in nächster Zeit angestrebt.

Literatur:

[1] Lohmeyer et al. (2002): GERDA - EDV-PROGRAMM ZUR ABSCHÄTZUNG VON GERUCHSEMISSIONEN AUS 5 ANLAGENTYPEN. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg.

[2] **Flassak et al. (2006)**: GERDA II - ERWEITERUNG VON GERDA UMAUSBREITUNGSRECHNUNG, WINDBEREITSTELLUNG UND BEURTEILUNG. Im Auftrag der Forschungszentrum Karlsruhe GmbH.
 [3] **Sörgel et al. (2013)**: GERDA III: AKTUALISIERUNG UND ERWEITERUNG VON GERDA II. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg.
 [4] **Sörgel et al. (2016)**: GERDA IV: Aktualisierung und Erweiterung von GERDA III. Im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.

[5] **Frechen (2004)**: Geruchsemissionen aus Abwasseranlagen, Seite 1 bis 37. In: Hamburger Berichte 23 der Technischen Universität Hamburg-Harburg (Abfallwirtschaft). Hrsg.: Niemeyer/Robers/Thiesen – Messung und Minimierung von Gerüchen. Verlag Abfall aktuell.
 [6] **Frechen (2014)**: Emissionsminderung an Kanalisation und Kläranlagen. VDI-Seminar „Gerüche in der Außenluft - Messen, Bewerten, Mindern“, Schriftliche Ausarbeitung. Frankfurt am Main. 13./14.05.2014.
 [7] **Frechen (2016)**: Emissionsminderung an Kanalisation und Kläranlagen.

VDI-Technikforum „Gerüche in der Außenluft – Messen, Bewerten, Mindern“, Düsseldorf, 12./13. April 2016, Vortragsfolien.
 [8] **VDI (2011a)**: Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen. Halteungsverfahren und Emissionen. Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Richtlinie VDI 3894, Blatt 1. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, September 2011.
 [9] **MLUL (2015)**: Emissionsfaktoren (Stand März 2015). Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg.

NORTRIP-DETAILMODELL FÜR PM_x-EMISSIONEN AUS AUFWIRBELUNG UND ABRIEB - VORZÜGE UND GRENZEN

Die verkehrserzeugten PM_x-Emissionen werden durch die Emissionen aus dem Auspuff sowie durch Aufwirbelungs- und Abriebsemissionen (AWAR) verursacht. Derzeit werden häufig die PM10-AWAR-Emissionsfaktoren nach [1] verwendet. Sie sind differenziert nach Fahrzeugklassen (Leichtverkehr und Schwerverkehr) sowie nach Verkehrssituationen und level-of-service-Klassen des HBEFA3.2.

Zahlreiche Untersuchungen haben aufgezeigt, dass die PM10-Emissionen des Kfz-Verkehrs zusätzlich auch von meteorologischen (z.B. Regen), infrastrukturellen (z.B. Fahrbahnbelag) sowie weiteren Gegebenheiten (z.B. Winterdienst) beeinflusst sein können. Solche Abhängigkeiten können mit dem Ansatz der (festen mittleren) Emissionsfaktoren nach [1] nicht berücksichtigt werden.

Im Rahmen des Projektes NORTRIP (Non-exhaust road traffic induced particle emission modelling) haben die skandinavischen Länder ein PM_x-Emissionsmodell für AWAR vorgestellt [2].

Es werden hierbei folgende Prozesse quantifiziert:

- Direkte Emissionen aus Abriebsprozessen
- Indirekte Emissionen (Resuspension) von Straßenstaub, Sand und Salz aus Winterdienst

Die Menge an Staub und Salz auf der Straße wird dazu mittels Massenbilanzierung bestimmt. Die Quellen und Senken für die direkten und indirekten Emissionen werden unter Berücksichtigung der

meteorologischen sowie der Straßenoberflächenbedingungen quantifiziert. Dies schließt die Berechnung der Feuchte des Straßenbelages ein.

Die Berechnungen werden als Zeitreihe (1h-Mittelwerte) durchgeführt. Dazu werden für die zu untersuchende Straße repräsentative meteorologische und verkehrliche Zeitreihen herangezogen. Die berechneten Bedingungen auf der Straße (Staubbelastung) werden für die nachfolgende Stunde wieder als Anfangswert verwendet. Unterschiedliche Fahrbahnoberflächen können ebenso berücksichtigt werden, wie die konkrete geometrische Situation der Straße sowie bei Bedarf Maßnahmen des Winterdienstes sowie von Straßenreinigung. Somit können neben den verkehrlichen Einflüssen z.B. regionale aber auch jährliche Unterschiede in der Meteorologie quantifiziert werden.

Im Rahmen des UBA-Projektes „Ermittlung von Emissionsfaktoren von Kfz unter Berücksichtigung zukünftiger Antriebskonzepte und der Vorkette von Kraftstoffen – Arbeitspaket 2: Emissionsfaktoren aus Abrieb und Wiederaufwirbelung“ (FKZ 3713 47 100) wurde das NORTRIP-Modell durch unser Büro anhand von Sensitivitätsberechnungen für mehrere Straßen auf Praktikabilität geprüft und es wurden Vergleiche zu anderen Emissionsansätzen durchgeführt. Dabei wurden u.a. folgende Erkenntnisse gewonnen:

Grenzen: Außerorts (bei hohen Fzg.-Geschw.) überschätzt die aktuelle Version von NORTRIP (V2.8a) deutlich. Nach Auskunft der

Modellentwickler ist die Geschwindigkeitsabhängigkeit, abgeleitet aus Untersuchungen in den „Road-Simulatoren“, derzeit nur bis 70 km/h validiert. Für die Beschreibung der Emissionsfaktoren für die meisten Außerortsverkehrssituationen des HBEFA ist NORTRIP somit derzeit nicht geeignet. Auch ist eine Anwendung für ganze Straßennetze im Innerortsbereich sehr aufwändig.

Vorzüge: NORTRIP ist das derzeit einzige Emissionsmodell, welches Einflüsse der Meteorologie, der Straßengeometrie sowie ggf. des Fahrbahnzustandes und des Winterdienstes bzw. der Straßenreinigung berücksichtigen kann und gibt damit die Möglichkeit, deren Einfluss mindestens relativ zu bewerten. Die berechneten absoluten AWAR-Emissionsfaktoren vergleichen sich Innerorts gut bis befriedigend mit denen aus [1]. Für Detailuntersuchungen im Innerortsbereich ist NORTRIP sehr gut geeignet.

Literatur:

[1] **Düring, I., Lohmeyer, A. (2011)**: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches LfULG, Dresden.
 [2] **Denby, B.R. et al. (2013)**: A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Atmospheric Environment 77 (2013) 283-300.

WIRKUNG DER ÄNDERUNG EINES TEMPOLIMITS VON 50 KM/H (T50) AUF 30 KM/H (T30) AM BEISPIEL DER ZEPPELINSTRASSE IN POTSDAM

Die Begrenzung des Tempolimits auf 30 km/h auf Hauptverkehrsstraßen wird derzeit in mehreren Städten diskutiert bzw. schon praktiziert. Die luftschadstoffseitigen Wirkungen werden kontrovers diskutiert, weil sie stark von den streckenspezifischen Gegebenheiten abhängen. Neben den in [1] beschriebenen Einflüssen sind vor allem die Änderungen des realen Fahrverhaltens von T50 zu T30 relevant. Liegt beispielsweise das Geschwindigkeitsniveau in einem T50-Abschnitt auf Grund von Störungen im Verkehrsablauf nur zwischen 30 km/h und 40 km/h, ist das Emissionsminderungspotenzial ebenso gering wie in dem Fall, dass bei T30 auf Grund der örtlichen Gegebenheiten (z.B. breite, anbaufreie Strecke) und/oder ohne Überwachung des Tempolimits das Geschwindigkeitsniveau unverändert bleibt.

Aber selbst wenn sich bei T30 eine Reduzierung der mittleren Geschwindigkeit einstellt, kann allein aus der Geschwindigkeitsdifferenz keine emissionsseitige Bewertung erfolgen, da es prinzipiell zwei gegenläufige Effekte gibt:

- während einer Konstantfahrt wird bei T30 durch die Motoren tendenziell geringfügig mehr NO_x emittiert als bei T50,
- während der Beschleunigungsphase z. B. beim Einfahren in den Abschnitt oder beim Wiederanfahren nach dem Halt vor einer Lichtsignalanlage (LSA) sind die Emissionen bei einer Beschleunigung auf 50 km/h deutlich höher als bei einer Beschleunigung auf eine Zielgeschwindigkeit von 30 km/h (siehe **Abb. 1**).

Der Konstantfahrtanteil hat demnach einen großen Einfluss, da sich daraus ableiten lässt, ob bzw. wie weit bei T30 die niedrigeren Emissionen beim Beschleunigen durch die leicht höheren Emissionen während der Konstantfahrt kompensiert werden. Die Bewertung der emissionsseitigen Auswirkungen einer T30-Maßnahme ist demnach nicht

pauschal möglich, sondern kann nur streckenspezifisch unter einer Berücksichtigung des realen Fahrverhaltens erfolgen.

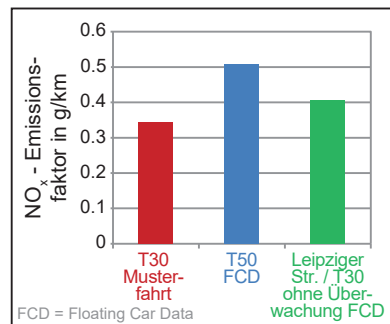


Abb. 1: PKW-Emissionsvergleich bei unterschiedlichem Beschleunigungsverhalten beim Wiederanfahren nach Halt vor LSA

Die Aufzeichnung des Fahrverhaltens erfolgte deshalb im Rahmen der Untersuchung für die Zeppelinstraße mit einem PKW, der mit einem „Peiseler Prüfrad VS“ ausgestattet war. Gefahren wurde für die Ausgangssituation (T50) sowie für T30-Musterfahrten. Das Ergebnis einer jeden Messfahrt war eine Messdatei mit einer bestimmten Menge an Sekundenwerten für Geschwindigkeit und zurückgelegte Wegstrecke. Die Gesamtheit dieser Geschwindigkeitswerte einer Fahrt bildet eine Fahrkurve, welche sich grafisch als Geschwindigkeits-Zeit- bzw. Geschwindigkeit-Weg-Diagramm darstellen lässt. Auf der Basis dieser Fahrkurven erfolgte mit PHEM (passenger car and heavy duty emission model der Universität Graz) die Berechnung der Emissionsfaktoren für alle PKW-Emissionskonzepte. Bei der Auswertung wurden u.a. folgende Spezifika berücksichtigt: räumliche Differenzierung der Straßenzüge in „Kreuzung“ (ca. 100 m Radius um Kreuzung) und Bereiche dazwischen („Strecke“), Berücksichtigung der noch nicht erfolgten Anpassung der Koordinierungsgeschwindigkeit der LSA, Tagesgang des Fahrverhaltens sowie Einfluss des Schwerverkehrs.

Als Fazit kann Folgendes festgehalten werden: Ein Tempolimit auf 30 km/h kann zu Reduzierungen der

NO_x - und PM_{10} -Emissionen führen. Dies gilt sowohl in der Bilanz des gesamten Straßenzuges als auch für die Mehrzahl der Straßenabschnitte. Die abgeleiteten Minderungspotenziale gelten unter der Bedingung, dass das Tempolimit von 30 km/h zu hundert Prozent eingehalten wird. Dies bedeutet eine dauerhafte Geschwindigkeitsüberwachung. Ansonsten werden die Minderungseffekte kleiner sein. Weiterhin muss eine Anpassung der LSA-Koordinierungsgeschwindigkeit an das Tempolimit von 30 km/h erfolgen, da die abgeleiteten Minderungspotenziale nur unter der Bedingung gelten, dass die „Grüne Welle“ bei T30 genauso funktioniert wie derzeit bei T50. Die abgeleiteten Minderungspotenziale gelten für die PKW-Emissionen. Unter Berücksichtigung des Schwerverkehrs werden die Minderungspotenziale tendenziell höher sein. Der Bericht kann unter

http://www.mlul.brandenburg.de/media_fast/4055/Bericht_Messfahrten_T30.pdf heruntergeladen werden.

Weiterhin hat sich hier, wie bereits bei unseren Untersuchungen in Berlin (siehe z.B. <http://www.lohmeyer.de/de/system/files/content/download/hauszeitung/ausgabe34.pdf>) gezeigt, dass für Berechnungen für Luftreinhaltemaßnahmen im Innerortsbereich häufig die derzeit im HBEFA abgebildeten Verkehrssituationen nicht ausreichen, um die realen Emissionsverhältnisse abzubilden. Dies betrifft u.a. Halte- und Beschleunigungsvorgänge im Bereich von Verkehrsknoten oder Beschleunigungsvorgänge im Zufluss zu Knotenpunkten bzw. im Abfluss aus den Knotenpunkten heraus. Aber das ist bereits ein neues Thema, über welches wir Sie gern in einer der nächsten Ausgaben informieren werden.

Literatur:

[1] LUBW (2012): Ersteinschätzung der Wirkung von Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen auf die NO_x - und PM_{10} -Emissionen. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.