



Liebe Leserinnen und Leser,

Ich freue mich, Ihnen wieder ausgewählte Informationen aus unserer aktuellen Arbeit vorzustellen. Der von Fahrzeugen verursachte Abrieb spielt bei der Emissionsbestimmung von Partikeln eine große Rolle. Im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen wurde von unserem Büro in Kooperation mit der EUROVIA Service GmbH ein Forschungsvorhaben mit dem Ziel durchgeführt, Kfz-bedingte Partikelabriebemissionen unterschiedlicher Fahrbahnoberflächen zu untersuchen und zu bewerten. Eine Zusammenfassung hierzu finden Sie in unserem ersten Artikel.

In an Wasserstraßen gelegenen Städten stellt sich die Frage, welchen Einfluss vorbeifahrende oder im Hafen festgemachte Schiffe auf die Luftschadstoffsituation haben. Für die Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz haben wir das PC-Programm Emissions- und Ausbreitungsmodell für Binnenschiffe (*LuWas*) „runderneuert“. Mit

LuWas ist es möglich, schiffahrtsbedingte Emissionen (Binnen- und Hochseeschiffe) und Luftschadstoffkonzentrationen an Wasserstraßen, Liegestellen und Schleusen zu berechnen. Für *LuWas* haben wir nunmehr auch den Vertrieb und den fachlichen Support übernommen. Weitere Informationen hierzu finden Sie in unserem zweiten Artikel.

Die Schornsteinhöhenbestimmung hat bei der Genehmigungsplanung für große Anlagen, aber auch für Kleinf Feuerungslagen im privaten Bereich eine wichtige Bedeutung. Die Anforderungen sind in der TA Luft, verschiedenen BImSch-Verordnungen und VDI-Richtlinien niedergeschrieben. Um den Überblick nicht zu verlieren, haben wir dazu eine Übersicht auf unsere Homepage gestellt. Die notwendige Schornsteinhöhe richtet sich nicht nur nach der Beschaffenheit der umgebenden Gebäude, sondern auch nach der Ausprägung des lokal vorliegenden Reliefs. Innerhalb eines Forschungsprojektes

für das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie haben wir dazu eine anwenderorientierte und softwaregestützte Methode nach TA-Luft entwickelt, um diesen Aspekt zu berücksichtigen. In unserem letzten Artikel wird dies vorgestellt.

Ich wünsche Ihnen nun viel Spaß beim Lesen und einen erholsamen Sommer. Bleiben Sie gesund

AKTUELLES IN KÜRZE

- Save the Date: Vorankündigung eines Workshops zu aktuellen Themen der Luftreinhaltung und des Stadtklimas zum Anlass "40 Jahre Büro Lohmeyer Karlsruhe/30+1 Jahre Niederlassung Dresden" am 12. Juni 2023 im Dresdner Lingnerschloss (<http://www.lingnerschloss.de/>). Weitere Informationen folgen in Kürze.
- Unser Büro hat sich an einem Online-Workshop für das Stadtklimamodelle PALM-4U im Rahmen des Projekts ProPolis beteiligt und dafür eine Simulation für eine innerstädtische Planung in reliefierter Umgebung durchgeführt. Die Präsentation der Ergebnisse stellen wir Ihnen auf unserer Website unter <https://www.lohmeyer.de/downloads/publikationen> zur Verfügung. Das vollständige Protokoll zu diesem Online-Workshop kann im ProPolis-Online-Diskussionsforum unter dem folgenden Link nach Anmeldung eingesehen und heruntergeladen werden: <https://www.propolis-palm-4u.de/t80f33159-Protokoll-zum-Online-Workshop-der-PALM-U-Community-of-Practice.html> Die Registrierung auf dieser Seite ist kostenlos.
- Unsere Niederlassung in Nordrhein-Westfalen ist im Januar von Dorsen nach Bochum umgezogen. Das Büro befindet sich in der Wasserstraße 223 in 44799 Bochum. Die neue E-Mail-Adresse, sowie Telefonnummer können Sie dem rechtsstehenden Infokasten entnehmen.

INHALT

- FE 02.0424/2018/IGB:
"Partikelabriebe von
Fahrbahnoberflächen" -
Ergebnisse öffentlich. Seite 2
- Ermittlung der Schifffahrts-
bedingten Luftschadstoff-
belastung. Seite 3
- Geländebedingte Schorn-
steinhöhe (TA LUFT) Seite 4

Lohmeyer GmbH

Aerodynamik, Klima, Immissionsschutz
und Umweltssoftware
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

FE 02.0424/2018/IGB: "PARTIKELABRIEBE VON FAHRBAHNOBERFLÄCHEN" – ERGEBNISSE ÖFFENTLICH

Ziel des Projektes, welches unser Büro zusammen mit der EUROVIA Service GmbH im Auftrag der BAST bearbeitet hat, war es, systematische Untersuchungen zum Abriebverhalten und damit zur Partikelemission verschiedener Fahrhahnoberflächen durchzuführen, die Ergebnisse zu quantifizieren und eine Empfehlung für die Berücksichtigung abgeleiteter Emissionsfaktoren in den FGSV-Richtlinien RLuS „Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung“ zu geben. Folgende wesentliche Ergebnisse wurden abgeleitet:

Abgesehen von der Art des Reifens (insbesondere dem Einsatz von Spikereifen), dem Fahrverhalten (Beschleunigungsanteile) und der Fahrgeschwindigkeit (höhere Geschwindigkeiten führen zu höheren Abriebraten) sind weitere wesentliche Faktoren, die sich auf die Partikelerzeugung aus dem Abrieb der Fahrbahn auswirken,

- die Art/Festigkeit und die Korngröße des in der Fahrbahn verwendeten Gesteinsmaterials
- eventuell auch die Art des Bindemittels (polymer modifizierte Bindemittel scheinen positiv zu wirken).
- Eventuell bewirken eine starke Modifizierung des Bindemittels (z. B. Gummimodifizierung) und die dadurch sich einstellenden dickeren Bindemittelfilme eine Verminderung der PM10-Fahrbahnabriebemissionen. Die Höhe der Reduktion hängt hier wahrscheinlich von der Ausbildung der Oberfläche ab.

Die im Rahmen des vorliegenden Projektes durchgeführten Abriebversuche im Labor zeigten, dass die verwendeten Splittmastixasphalte (SMA) unabhängig von der betrachteten Fraktion die niedrigsten Abriebwerte lieferten. Offenbar ist vor allem die Kombination aus Splittmastixasphalt mit einem modifizierten Bindemittel geeignet, die Entstehung von Abrieb und dessen Emission in die Umgebungsluft effektiv zu reduzieren (siehe **Abb. 1**).

Der offenporige Asphalt-Belag (OPA) mit modifiziertem Binder lieferte ähnliche Abriebwerte.

Neben dem Nordic-Ball-Mill (Maß für Abriebfestigkeit des eingesetzten Gesteins) scheinen beim Einsatz von Reifen ohne Spikes weitere Parameter eine wichtige Rolle zu spielen, wie der Hohlraumgehalt, das Volumen der groben Gesteinskörnung und des Asphaltmörtels (jeweils am Marshallkörper) sowie die Mischgut- und Bindemittelart. Anhand einer Regressionsanalyse wurde ein erweiterter Ansatz zur Beschreibung der Abriebfestigkeit der untersuchten Fahrhahnoberflächen abgeleitet. Für die untersuchten Fahrhahnoberflächen variieren hier die mittleren PM10-Abriebemissionsraten untereinander bis zu einem Faktor von ca. 4.

Der Einfluss der Fahrbahneigenschaften könnte (pragmatisch) bei Emissionsmodellierungen durch einen Fahrbahneinflussfaktor F_{Fahrbahn} multiplikativ auf die Straßenabriebemissionen des Referenzfalls abgebildet werden. Für Screeningmodelle wäre folgende zweistufige Klassifizierung als möglicher Ansatz zur Berücksichtigung der Ergebnisse denkbar:

- Sieblinie mit Ausfallkörnung oder Einkorn-Gemisch unter Verwendung eines polymermodifizierten Bitumen:

$$F_{\text{Fahrbahn}} = 0.4$$

- andere Beläge (Referenzfall): $F_{\text{Fahrbahn}} = 1.0$

Die Fahrbahnhersteller könnten zur Optimierung der Abriebeeigenschaften das im Rahmen des Projektes entwickelte normierte Regressionsmodell anwenden, welches die konkreten Rezepturen der Fahrbahnbeläge quantitativ bewertet. Zur Absicherung dieser Ergebnisse sind allerdings weitere systematische Untersuchungen des Abriebverhaltens, z. B. vergleichende Messungen am Road Simulator mit Stahlradversuchen, erforderlich.

Weiterhin wird empfohlen, die Güte dieses Ansatzes der zweistufigen Klassifizierung des Abriebverhaltens durch Freilandversuche an Autobahnen mit Bestimmung der Aufwirbelungs- und Abriebemissionsfaktoren zu verifizieren.

Der Endbericht kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/frontdoor/index/index/docId/2596> kostenfrei heruntergeladen werden.

Ansprechpartner:

Dr. rer. nat. Ingo Düring

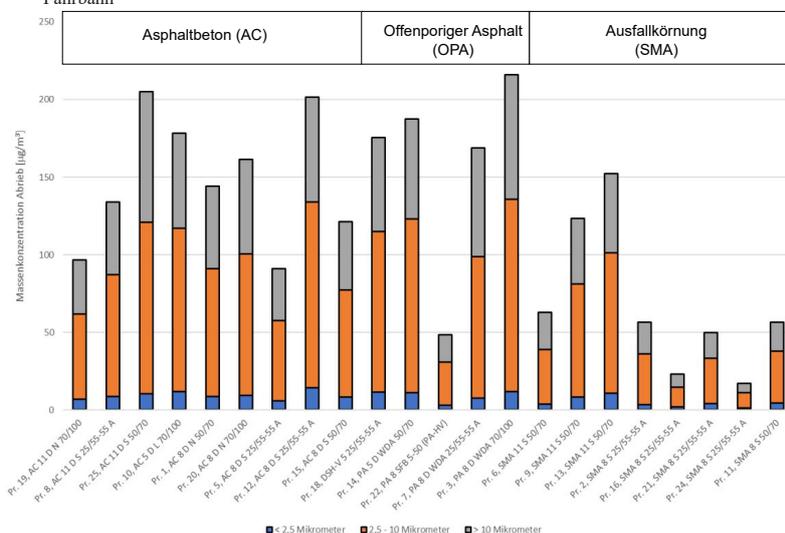


Abb. 1: Vergleichende PMx-Abriebkonzentrationen aus den Laborversuchen für die untersuchten Fahrbahnbeläge (zur weiteren Erläuterung, siehe Endbericht)

ERMITTLUNG DER SCHIFFFAHRTSBEDINGTEN LUFTSCHADSTOFFBELASTUNG

Vorgeschichte

Das Wasserstraßen-Neubauamt Berlin beauftragte im Jahr 1997 das Ingenieurbüro Lohmeyer mit der Entwicklung des softwarebasierten Emissions- und Ausbreitungsmodells für Binnenschiffe *LuWas*. Es wurde konzipiert, um einerseits Vorabschätzungen (Screening) durchführen zu können und andererseits eine (überschlägige) Prüfung von Gutachten zu ermöglichen. Das Programmpaket *LuWas* wurde im Jahr 2005 schließlich an die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) übergeben, da ein bundesweiter Einsatz von *LuWas* als standardisiertes Verfahren zur Ermittlung der Luftschadstoffemissionen und -immissionen an Wasserstraßen mit Binnenschiffsverkehr etabliert werden sollte. 20 Jahre nach der Einführung von *LuWas* bestand ein dringender Bedarf, das Verfahren sowie dessen programmtechnische Umsetzung aus software-technischen und fachlichen Gründen zu aktualisieren und zu erweitern. Im Jahr 2017 beauftragte daher die BfG die Lohmeyer GmbH mit der Fortschreibung von *LuWas*.

LuWas 2020

LuWas ist nunmehr ein GIS-basiertes Softwaresystem (Abb. 1) für die Bestimmung der schifffahrtsbedingten sowie der Kfz-bedingten Emissionen für die Stoffe NO_x, NO₂, PM10, PM2.5, Benzol, Ruß, SO₂, CO, HC und CO₂ sowie die Berechnung der ausgebreiteten Konzentrationen mit einem PROKAS-basierten Ausbreitungsmodell. Neben der integrierten GIS-Bedienoberfläche besteht das System aus den Modulen:

- Emissions-Modul für Binnenschiffahrt
- Emissions-Modul für Seeschiffahrt
- Emissions-Modul PROKAS-E für Kfz-Verkehr an Wasserstraßen
- Ausbreitungs-Modul PROKAHN.

In den Emissions-Modulen für Binnenschiffahrt und Seeschiffahrt werden anhand von Aktivitätsdaten und flottenspezifischen Kennwerten zur Motorisierung, Emissionsfaktoren und Strömungswiderständen der

Schiffe die mittleren jährlichen Gesamtemissionen auf jedem Wasserstraßensegment berechnet. Die flottenspezifischen Kennwerte werden für diese Berechnungen aus einer editierbaren Schiffsdatenbank gelesen.

Im Emissions-Modul PROKAS-E werden die Kfz-bedingten, jährlichen Emissionen auf Basis von Verkehrssituationen und Aktivitäten sowie spezifischen Emissionsfaktoren des Leicht- und Schwerverkehrs nach HBEFA ermittelt.

Das Modul PROKAHN basiert auf unserem an die besonderen Bedingungen an Wasserstraßen angepassten Ausbreitungsmodell PROKAS. Mit den zuvor berechneten oder in das Programm importierten Emissionsdichten, räumlichen Gegebenheiten sowie einer angegebenen Ausbreitungsklassenstatistik bestimmt PROKAHN die Zusatzbelastung im Jahresmittel sowie im Falle von NO₂ bzw. PM10 die Häufigkeit von Stunden- bzw. Tagesgrenzwertüberschreitungen. Die Ergebnisdarstellung erfolgt mittels der integrierten GIS-Oberfläche. Diese ermöglicht die Überlagerung von Kartenmaterial mit den Emissionsquellen sowie den Schadstoffkonzentrationen. Interaktiv können per Mausclick auf die entsprechende Geometrie sowohl Eingangsdaten gezielt modifiziert als auch berechnete Emissionen und Konzentrationen quantitativ

auf Basis von Shape-Attributen angezeigt werden. An Schnittstellen bietet *LuWas* u. a. eine Importfunktion sowohl für die Wasser- und Kfz-Straßengeometrien als auch für alle für die weiteren Berechnungen notwendigen Eingangsparametern. Extern berechnete Emissionsdichten können ebenfalls in das angelegte *LuWas*-Projekt importiert werden. Der Export sämtlicher Eingangsdaten und Berechnungsergebnisse in Form von Shape-Dateien für die weitere Verwendung innerhalb sowie außerhalb von *LuWas* ist ebenso möglich. Eine LASAT-Exportfunktion inklusive eines Zeitreihengenerators gestattet die Aufbereitung und das Abspeichern der Emissionsdaten in einem geeigneten Dateiformat für eine sich anschließende, externe Ausbreitungsrechnung mit dem Programm LASAT. Auch ein Export nach MISKAM ist möglich.

LuWas 2020 kann von der Lohmeyer GmbH käuflich erworben werden. Interessenten wenden sich bitte an Herrn M. Baumann in der Niederlassung Dresden oder per E-Mail an info.dd@lohmeyer.de.

Aktuelle Informationen zur Software finden Sie auf unserer Homepage unter:

<https://www.lohmeyer.de/softwarevertrieb/produktuebersicht/luwas/>

Ansprechpartner:

Dipl.-Phys. Michael Baumann

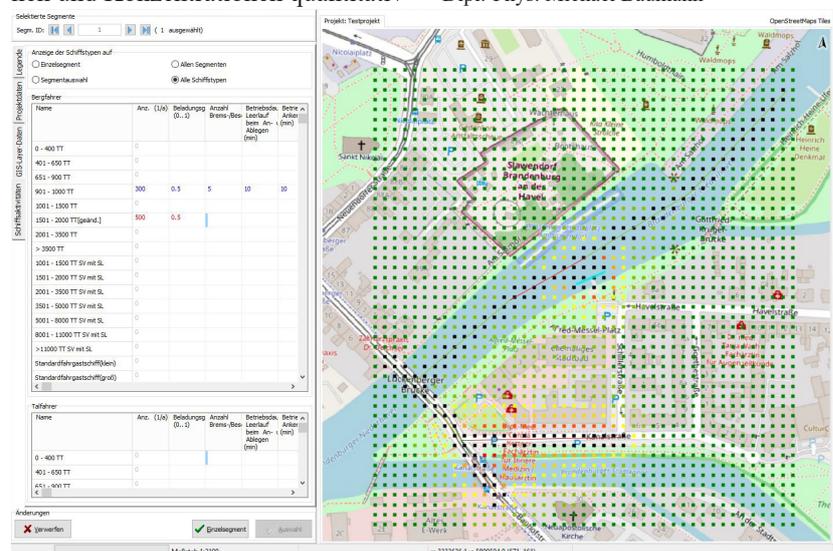


Abb. 1: Teil der Programmoberfläche von *LuWas* (Beispiel)

GELÄNDEBEDINGTE SCHORNSTEINHÖHE (TA LUFT)

Die Schornsteinhöhenbestimmung nach Nr. 5.5 der TA Luft (2021) gliedert sich in eine Abfolge aus bestimmten Schritten, an deren Abschluss die Berücksichtigung von geschlossener Bebauung/Bewuchs und unebenem Gelände steht.

Um der Gefahr einer Anreicherung von Immissionen vorzubeugen, ist der Schornstein nach Nr. 5.5.2.3 TA Luft (2021) so zu erhöhen, dass die Schornsteinmündung oberhalb der geländebedingten Kavitätszone des Windfeldes liegt. Als Kavitätszone wird der Bereich im Lee der Taloberkante bezeichnet, in dem sich ein Leewirbel ausbilden kann. Diese Zone lässt sich durch eine von der Taloberkante ausgehende Linie mit 15°-Neigung gegen die Horizontale abgrenzen (vgl. **Abb. 1**).

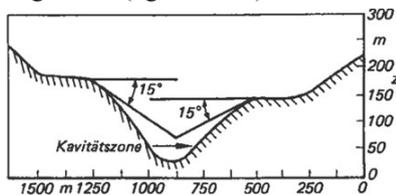


Abb. 1: Abgrenzung der Kavitätszone aus VDI 3781 Blatt 2 (1981)

Die Überprüfung der Kavitätszone enthält noch eine zweite Bedingung: das Geländehindernis muss vom Schornstein aus betrachtet mindestens 20° breit sein, um bezüglich einer geländebedingten Schornsteinerhöhung Berücksichtigung zu finden. Diese abschwächende zweite Bedingung sorgt zwar einerseits dafür, dass schmale Hindernisse nicht zu strömungsmechanisch unnötig hohen Mindestschornsteinhöhen führen, sie ist aber ohne rechentechnische Hilfsmittel nur mit größerem Aufwand überprüfbar.

Mit dem Ziel einer einheitlichen und sachgerechten Vereinfachung wurde für das Land Sachsen im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) eine flächendeckende Berechnung der geländebedingten Schornsteinhöhen nach den o. g. Maßgaben der Nr. 5.5.2.3 der TA Luft durchgeführt. Das Verfahren und die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

Grundlage für die Überprüfung der Kavitätskriterien (Winkel zum Landschaftshorizont von der Schornsteinmündung aus betrachtet

in einem 20° breiten Sektor kleiner gleich 15°) sind digitale Geländemodelle (DGM). Diese bilden die Oberflächenhöhen der Erde ohne jegliche Bedeckung (Vegetation, Bebauung) ab.

Für eine flächendeckende Bestimmung der Schornsteinhöhenzuschläge innerhalb eines Untersuchungsgebiets wird ein ausreichend großer DGM-Ausschnitt verarbeitet. Dieser enthält neben dem eigentlichen Untersuchungsgebiet (= Gebiet, für welches die Kavitäten bestimmt werden sollen) einen ausreichend großen Saum (grau in **Abb. 2**), um die topografiebedingten Einflüsse auf die Schornsteinhöhen auch in den Randbereichen des Untersuchungsgebiets vollständig zu erfassen. Es wurde den Berechnungen auf Basis des DGM5 der Vorzug gegeben.

Zu jeder Richtung werden die entsprechenden Geländeprofile durchlaufen (**Abb. 2**) und die Kavitätshöhen ΔH zu jeder geschnittenen Rasterzelle innerhalb des Rechengebiets berechnet.

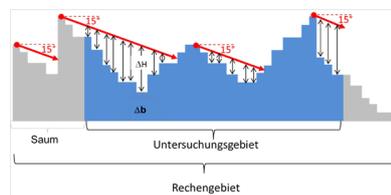


Abb. 2: Beispielhafter Geländeschnitt mit Kavitätenbestimmung für eine Richtung

Nach Durchlaufen aller erzeugten Geländeprofile erhält man zu jedem Untersuchungspunkt eine winkelabhängige Verteilung der Kavitätshöhen ΔH , wie beispielhaft für einen Untersuchungspunkt in **Abb. 3** dargestellt wird. ΔH repräsentiert dabei, wie weit man sich über den Boden erheben müsste, sodass das in einer Richtung gesehene Strömungshindernis den 15°-Horizont gerade nicht mehr übersteigt. Aus den für jeden Untersuchungspunkt und jede Richtung bestimmten Kavitätshöhen ist nun jeweils jene minimale Höhe zu bestimmen, oberhalb derer Geländehindernisse weniger als 20° breit sind. Dieser Wert entspricht der geforderten geländebedingten Mindestschornsteinhöhe an diesem Ort. Die berechneten flächendeckenden geländebedingten Schornsteinhöhen

liegen im üblichen Rasterformat vor und können mit entsprechenden Computerprogrammen visualisiert werden.

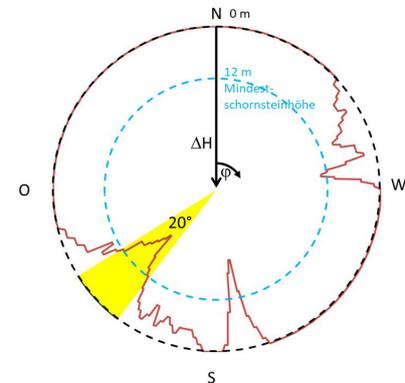


Abb. 3: Polardiagramm mit winkelabhängigen Kavitätshöhen (braun), 20°-Sektor (gelb) und daraus bestimmte Mindestschornsteinhöhe (blau)

Um die Darstellung und Datenabfrage der berechneten Schornsteinhöhen zu erleichtern, wurde eine intuitive Windows-Programmoberfläche LohKav mit Hintergrundkarte, Adressuche und Zoomfunktion erstellt. Die flächenhafte Darstellung bietet einen schnellen Überblick über Bereiche mit relevanten geländebedingten Schornsteinhöhenzuschlägen.

Die Methodik ist unproblematisch auf andere Gebiete übertragbar. Es können flächendeckende oder standortspezifische Schornsteinmindesthöhen ermittelt werden, sowie 3D-Darstellungen (**Abb. 4**) generiert werden.

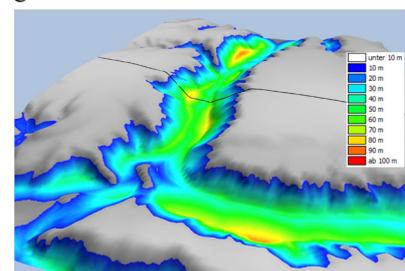


Abb. 4: Perspektivische Reliefdarstellung der nach TA Luft Nr. 5.5.2.3 berechneten Schornsteinhöhen, Maßstab variiert in der Darstellung

Weitere Informationen zum Thema Schornsteinhöhenbestimmung:

<https://www.lohmeyer.de/gutachten/immissionsschutz/schornsteinhoehenbestimmung/>

Ansprechpartner*innen:

Dipl.-Geogr. Diana Bretschneider

Dipl.-Phys. Michael Baumann