



Emissionsinventare als Grundlage der Ursachenermittlung und Erfassung von Luftbelastungen

Jochen Theloke (jt@ier.uni-stuttgart.de), Balendra Thiruchittampalam (bt@ier.uni-stuttgart.de), Tatjana Geftler (tg@ier.uni-stuttgart.de), Ulrike Kummer (uk@ier.uni-stuttgart.de), Melinda Uzbasich (mu@ier.uni-stuttgart.de), Susanne Wagner (uw@ier.uni-stuttgart.de) und Rainer Friedrich (rf@ier.uni-stuttgart.de), alle Stuttgart und Renate Köble (renate.koeble@jrc.it), JRC Ispra, Italien

Zusammenfassung

Unter anderem um die Vorgaben der neuen Luftqualitätsrichtlinie (EU 2008/50/EC) zu erreichen, ist es notwendig, die Ursachen der Luftbelastungen zu ermitteln. Dazu sind zum einen Messungen erforderlich, zudem aber auch die Quantifizierung in Emissionsinventaren und deren räumliche Auflösung, um mit Hilfe von Chemie-Transport-Modellen (CTM) immissionsseitige Konzentrationen modellieren zu können. Dazu werden in der Fachgruppe Luftreinhaltung am Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart Methoden entwickelt. In dem Artikel werden beispielhaft Ergebnisse der Arbeiten vorgestellt.

Einleitung

Die Analyse der Ursachen und Mengen von Luftschadstoffen aus anthropogenen und natürlichen Quellen ist ein erster und wichtiger Schritt zum Verständnis der aktuellen Luftqualität. Auf dieser Grundlage können Strategien zur Verminderung der Belastung von Bevölkerung, Gebäuden, Pflanzen, Gewässern und Böden durch Luftschadstoffe, wie z. B. Feinstäube (PPM2.5, PPM10 sowie sekundäre Aerosole), Ozon, NO₂, versauernde (z. B. NO_x, SO₂) und eutrophierende (z. B. NH₃) Substanzen entwickelt werden. Dies ist insbesondere auch wichtig, um die Vorgaben der neuen Luftqualitätsrichtlinie (EU 2008/50/EC) erreichen zu können.

Zunächst ist es dazu notwendig, die Quellen der Luftschadstoffe bzw. ihrer Vorläufersubstanzen zu identifizieren. Auf dieser Grundlage können dann die quellspezifischen Emissionsmengen quantifiziert werden. Dazu gehört auch eine möglichst quantitative Abschätzung der Unsicherheiten. In einem nächsten Schritt werden die Emissionen räumlich verteilt.

Das Ergebnis sind räumlich hoch aufgelöste Emissionsinventare, die insbesondere als Eingangsdatensätze für Chemie-Transport-Modelle verwendet werden, um die immissionsseitige Belastung der Rezeptoren (Bevölkerung, Gebäude, Pflanzen, Tiere) zu modellieren. Darüber hinaus tragen die Modellierungsergebnisse erheblich zum Verständnis von Luftschadstoffmessungen bei. Umgekehrt dienen Luftschadstoffmessungen der Validierung der Emissionsmodelle, aber auch der CTM.

Methodische Aspekte

Im Allgemeinen werden Emissionen mit Hilfe des Emissionsfaktorsansatzes modelliert. Dabei werden die Aktivitäten (z. B. jährliche Fahrleistung, Jahresproduktionsmenge Aluminium) einer identifizierten Quelle (z. B. Lkw [EURO IV-Norm, Autobahn], Sekundäraluminiumproduktion) mit einem quellspezifischen Emissionsfaktor verknüpft:

$$E = EF * A$$

Dabei ist

E: Emission [t]

EF: Emissionsfaktor in g pro Aktivität

A: Aktivität in verschiedenen Einheiten (t, km, etc.)

Das Ergebnis sind schadstoffspezifische Emissionsinventare auf unterschiedlichen räumlichen Skalen. Die Vielzahl an verschiedenen Quellen wird im Allgemeinen zu folgenden Hauptgruppen zusammengefasst:

Energiegewinnung (z. B. Großfeuerungsanlagen), Nicht-industrielle Verbrennungsprozesse (z. B. Kleinfeuerungsanlagen in Landwirtschaft, Haushalten, Militärischen Einrichtungen, etc.), Verbrennungsprozesse im verarbeitenden Gewerbe (z. B. Zement- oder Glasindustrie), Produktionsprozesse (z. B. Herstellung von Aluminium, Eisen, Papier oder Nahrungsmitteln), Extraktion- und Verteilung von Brennstoffen (z. B. Tankstellen), Lösemittel- und andere Produktanwendungen (z. B. Farben und Lacke, Klebstoffe, etc.), Straßenverkehr (z. B. Pkw [Diesel], Bremsen- und Reifenabrieb), andere mobile Quellen (Binnenschiffe, Flugverkehr [national], Baumaschinen, landwirtschaftliche Fahrzeuge und Rasenmäher), Müllbehandlung (Deponierung und Verbrennung), Landwirtschaft (insbesondere Einsatz von Wirtschafts- und Mineräldüngern), natürliche Quellen (Wälder und andere Landnutzung, Böden, Blitze, Ozeane [Seesalz], Vulkane usw.).

Um die Emissionen in einem weiteren Schritt räumlich hoch aufzulösen und damit für die Modellierung verfügbar zu machen, werden die berechneten Emissionen Punkt-, Linien- und Flächenquellen zugeordnet. Punktquellen sind z. B. Großfeuerungsanlagen oder Flughäfen. Linienquellen bezeichnen Autobahnen, Bundesstrassen und Wasserstrassen. Alle anderen Quellen (z. B. städtischer Verkehr, Kleinfeuerungsanlagen, etc) werden als Flächenquellen betrachtet. Punktquellen lassen sich spezifischen Koordinaten

zuordnen. Linien und Flächenquellen werden zunächst regionalisiert, d. h. administrativen Einheiten zugeordnet. In einem weiteren Schritt werden Linienquellen dann auf Grundlage von Straßennetzkarten oder Wasserstraßennetzkarten verteilt. Dabei werden die Emissionen zusätzlich auf Grundlage von Verkehrszählungen für den Straßenverkehr sowie Tonnenkilometern für die Binnenschifffahrt gewichtet. Regionalisierte Emissionen aus Flächenquellen werden hauptsächlich mit Hilfe von Beschäftigtenzahlen, Bevölkerung und Landnutzungsdaten verteilt.

In Abbildung 1 ist die Methode zur räumlichen Verteilung schematisch dargestellt.

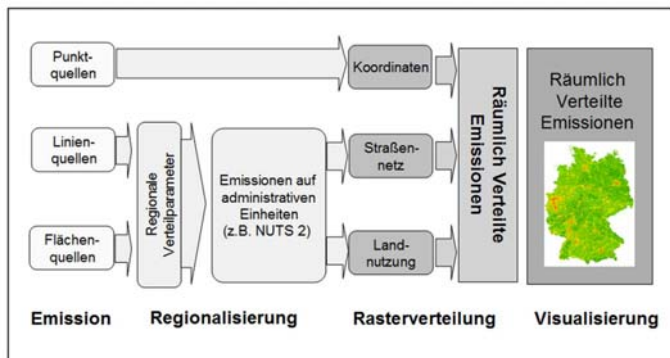


Abb.1: Schematische Darstellung der Methode zur Verteilung von Emissionen

Ergebnisse und Diskussion

Die beschriebenen Methoden zur Berechnung von Emissionsinventaren sowie deren räumliche Auflösung wurden und werden in einer Anzahl verschiedener Forschungsprojekte angewendet. Im Folgenden werden exemplarische Ergebnisse dargestellt.

In Abbildung 2 sind die Emissionen von primären Feinstäuben (PPM10 und PPM2.5) in Deutschland 2005 [PAREST, 2008] dargestellt. (siehe nächste Seite)

Abbildung 2 zeigt die Emissionen primärer Feinstäube aufgelöst nach Quellgruppen. Etwa 40 % der primären PPM2.5-Feinstäube entstammen verkehrlichen Aktivitäten, d. h. insbesondere Dieselfahrzeugen, Bremsen- und Reifenabriebsprozessen, Wiederaufwirbelung sowie Offroad-Fahrzeugen (Baumaschinen, Traktoren), bei denen hauptsächlich Dieseltreibstoff eingesetzt wird. Etwa 20 % der PPM 2.5 Emissionen in Deutschland wurden von nichtindustriellen Verbrennungsprozessen verursacht. Dabei ist Abbildung 3 (siehe nächste Seite) zu entnehmen, dass über 80% der PPM2.5-Emissionen Holzfeuerungen entstammten.

In Abbildung 4 sind die berechneten PPM 2.5 Emissionen aus allen Quellgruppen in Deutschland für das Jahr 2005 in einer Auflösung von 1'x1' (WGS 84) dargestellt. Dies entspricht ungefähr einer Auflösung von 1,2 km OW x 1,8 km NS.

Mit Hilfe der angewendeten Methoden und Modelle werden z.B. zur Zeit im Rahmen eines vom Umweltbundesamt geförderten Projektes Strategien zur Reduktion der Feinstaubbelastung in Deutschland entwickelt (<http://www.parest.de>). Dabei ist es insbesondere Ziel Strategien zu entwickeln, die die Einhaltung der Vorgaben der neuen EU-Luftqualitätsrichtlinie (EU, 2008) ermöglichen. Darüber hinaus werden die entwickelten Methoden auch verwendet, um hoch aufgelöste Emissionskataster für einzelne Bundesländer, z.B. Bayern (<http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/emissionskataster/index.htm>), zu generieren. Sie bilden auch in verschiedenen EU-Forschungsprojekten die Datengrundlage, um immissionsseitige Konzentrationen für Europa zu modellieren.

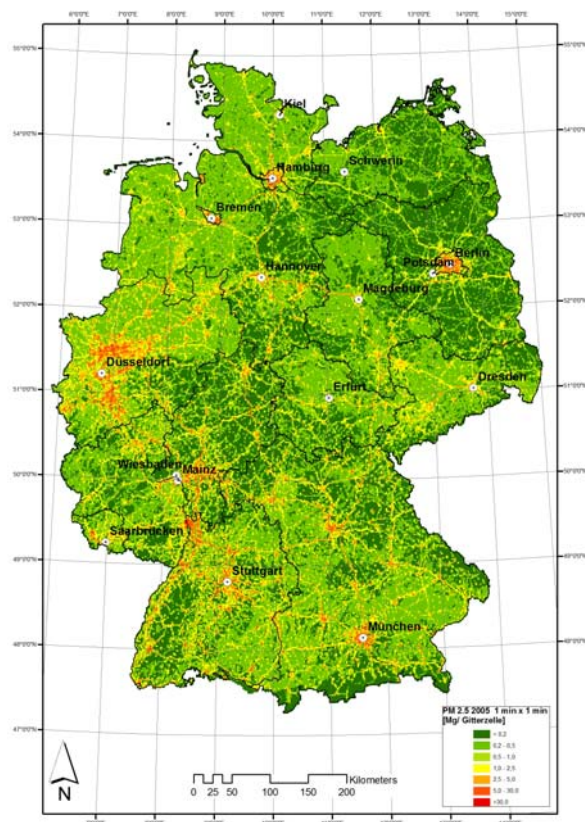


Abb. 4: Räumlich hoch aufgelöste (1'x1') PPM2.5 Emissionen aus allen Quellgruppen in Deutschland für das Jahr 2005

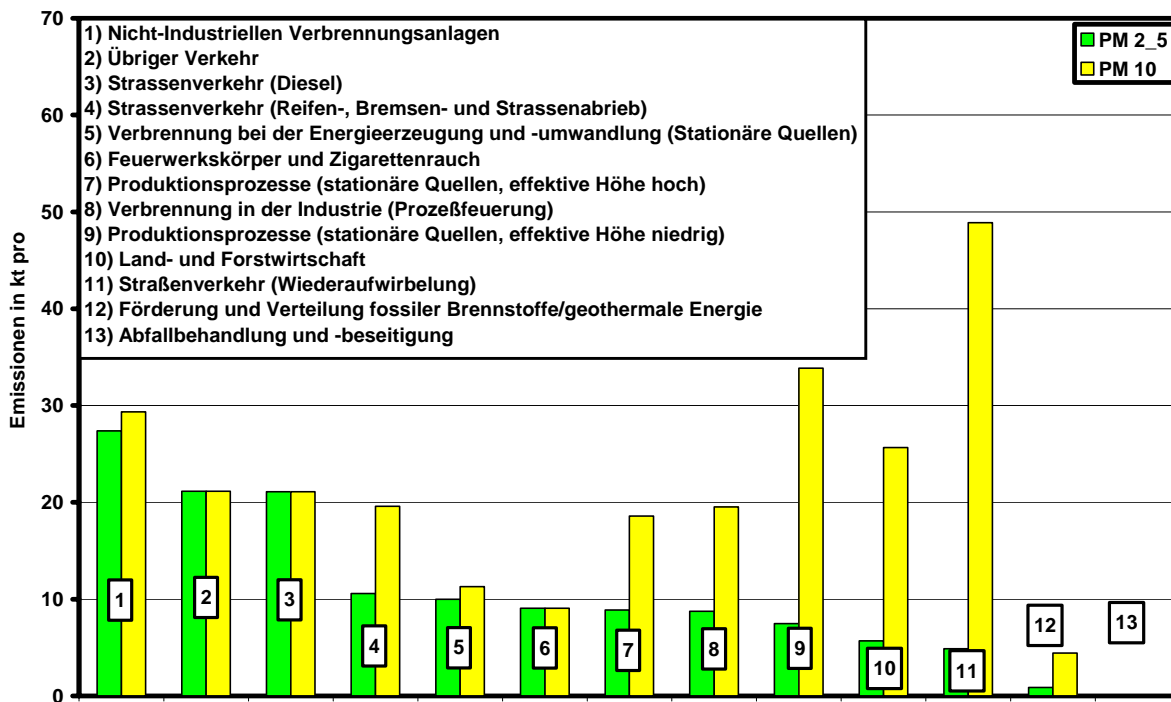


Abb. 2: Emissionen von Primären Feinstäuben (PPM10 und PPM2.5) in Deutschland 2005 (Summen: PPM2.5: 136 kt, PPM10: 262 kt)

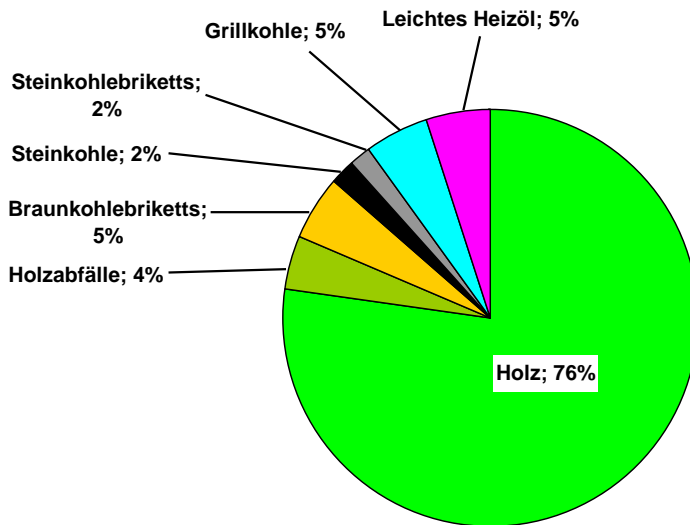


Abb. 3: Anteil der eingesetzten Brennstoffe an den PPM2.5 Emissionen aus nicht-industriellen Verbrennungsprozessen in Deutschland 2005 (Summe: 27,4 kt). Dabei wurden nur Brennstoffe berücksichtigt, deren Anteil zu den Emissionen mehr als 0,5 % beiträgt. (<http://www.parest.de>) auf Basis des Zentralen Systems Emissionen des Umweltbundesamtes)

Die Autoren danken dem Umweltbundesamt für die finanzielle Unterstützung der in diesem Artikel dargestellten Arbeiten.

Korrespondenzadresse

Dr.-Ing. Jochen Theloke
 Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
 Heßbrühlstrasse 49a
 D-70565 Stuttgart
 Tel.: 0711/685-87856
 Fax: 0711/685-87873