

## **Entwicklung von Instrumenten zur Analyse der Umweltbelastungen durch Feinstäube und andere ausgewählte Luftverunreinigungen in Baden-Württemberg (PEF 297003)**

T. Pregger, R. Friedrich, A. Obermeier, B. Wickert, P. Blank, J. Theloke  
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart

H. Vogel, N. Riemer, B. Vogel, F. Fiedler  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), Forschungszentrum Karlsruhe

### **1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses**

Als Ausgangsbasis für die Erstellung von hoch aufgelösten Emissionsdatenbasen, welche einen wesentlichen Input für nachfolgende atmosphärische Modellierungen darstellen, wurden in einem ersten Arbeitsschritt für die gasförmigen Verbindungen SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO und NH<sub>3</sub> und primär emittierte Stäube (PM, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) **sektorale Jahresemissionen für das Bezugsjahr 1996** ermittelt. Hierbei wurden insbesondere für die Emissionsermittlung von Feinstäuben und Ammoniak neue Methoden entwickelt und umfangreiche emissionsrelevante Daten gesammelt und ausgewertet. Mit diesen jährlichen Emissionsdaten wurden die relevanten Emittentengruppen identifiziert und ihre Beiträge an der Gesamtemission beschrieben. In einem zweiten Schritt wurden diese Emissionen über Verwendung von sektorspezifischen Zeitkurven und geographischen Indikatorgrößen zeitlich und räumlich verteilt und so umfangreiche **Emissionsdatenbasen mit stündlichen und auf ein Ausgabegitter (1 x 1 km-Raster) verteilten Emissionen** erzeugt. Diese Emissionsdaten wurden in nachfolgenden Modellierungen der Belastungen an Aerosolen, Ozon und deren Vorläufersubstanzen eingesetzt.

Als Voraussetzung für eine Betrachtung der atmosphärischen Aerosolbelastung sowohl durch primäre Feinstäube als auch sekundär entstandene Aerosole wurde das dreidimensionale nichthydrostatische Modellsystem KAMM/DRAIS um das Aerosolmodul MADE zur Beschreibung der Aerosolprozesse erweitert. Es wurden erste **Untersuchungen zur Bildung und Ausbreitung sekundärer Aerosole**, ihrer Wechselwirkung mit der Gasphase, ihres Einflusses auf den Stickstoffeintrag in den Boden sowie zur Ausbreitung von partikelförmigen Emissionen durchgeführt. Es wurde somit ein **Modellsystem entwickelt**, das sowohl für die gasförmigen Luftbeimengungen als auch für die Aerosole die in der Atmosphäre ablaufenden Prozesse ausreichend genau beschreibt, so daß die Belastung durch primäre und sekundäre Partikel im regionalen Bereich berechnet werden kann.

Darüber hinaus wurden Simulationen durchgeführt, die zum Ziel hatten, eine **Gesamtbelastung für verschiedene Jahreszeiten zu bestimmen**. Hierfür wurde ein Index definiert, um die **Belastung durch die Kombination verschiedener Luftverunreinigungen** berücksichtigen zu können. Die Ergebnisse zeigen die **räumlichen Belastungsschwerpunkte in Baden-Württemberg** in Abhängigkeit von der Jahreszeit und den meteorologischen Bedingungen.

## **2. Welche Fortschritte ergeben sich in Wissenschaft und/oder Technik durch Ihre Forschungsergebnisse?**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden neue Methoden entwickelt, um ein räumlich und zeitlich **hoch aufgelöstes Emissionskataster für Feinstaub** zu erstellen. Hierbei wurde eine **Identifizierung der wesentlichen anthropogenen Emissionsquellen** in Baden-Württemberg vorgenommen, welche gegenüber bisherigen Betrachtungen um zahlreiche Quellgruppen erweitert wurde. Für die erforderliche Minderung der atmosphärischen Aerosolbelastungen im Hinblick auf die zukünftigen Grenzwerte der EU-Richtlinie 1999/30/EG liefern die Ergebnisse somit eine erste Beurteilungsgrundlage für zukünftige Luftreinhaltestrategien in Baden-Württemberg. Die erarbeiteten Methoden wurden erstmals zur Erstellung eines 1 x 1 km-Emissionskatasters für Baden-Württemberg und gleichzeitig zur Bereitstellung einer umfangreichen Datenbasis für nachfolgende atmosphärische Modellierungen angewendet. Analog zu den Betrachtungen der Feinstäube konnte auch erstmals **für Ammoniak eine zeitliche und räumliche Verteilung** der neu berechneten Jahresemissionen in hoher Auflösung für Baden-Württemberg erfolgen. Auch für die anderen betrachteten Luftverunreinigungen wurden neue Emissionsdatenbasen für das **Bezugsjahr 1996** erstellt.

Diese Datenbasen wurden im Rahmen des Projektes für atmosphärische Modellierungen der Entstehung von Belastungen an Aerosolen eingesetzt. Hierzu wurde erstmals ein  **$\beta$ -mesoskaliges atmosphärisches Modellsystem** zur Simulation der Aerosolentstehung und -verteilung **um ein komplexes Aerosolmodell erweitert** und für erste Modellrechnungen einer Episode in Baden-Württemberg eingesetzt. Die in vorangegangenen Projekten entwickelten Modellierungen der Belastungen an Ozon und anderen betrachteten gasförmigen Luftverunreinigungen wurden ebenfalls erweitert und erstmals für Baden-Württemberg **Modellierungen über längere Zeiträume hinweg** und **schadstoffübergreifend für mehrere gasförmige Verbindungen** vorgenommen.

Insgesamt liefert dieses Projekt damit wesentliche Beiträge zur **Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von schadstoff- und sektorübergreifenden Methoden und Modellen** zur Ermittlung von Emission, Immission und Deposition von bedeutenden Luftverunreinigungen. Schadstoff- und sektorübergreifende Betrachtungen sind zur Untersuchung der Entstehung und Verteilung von Ozon- und Aerosolbelastungen deshalb notwendig, weil einerseits diese Luftverunreinigungen sekundär bzw. teilweise sekundär aus mehreren Vorläufersubstanzen entstehen und zum anderen vielfältige Emissionsquellen zur Erarbeitung effizienter Luftreinhaltestrategien betrachtet werden müssen.

### **3. Welche Empfehlung ergibt sich aus dem Forschungsergebnis für die Praxis?**

Aus den Emissionsdaten lassen sich Anhaltspunkte entnehmen, welche Quellgruppen hohe Beiträge liefern und daher bei der Ermittlung von Minderungsstrategien besonders sorgfältig analysiert werden müssen. Bei PM<sub>10</sub> sind hier die Gruppen Dieselmotoren, kleinere Feststofffeuerungen sowie bestimmte Produktionsprozesse (z. B. Herstellung von Schotter und Zement) zu nennen. Sehr wichtig wäre auch, nunmehr Maßnahmen zur Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft verstärkt ins Auge zu fassen.

Betrachtungen zur Verbesserung der lufthygienischen Situation in Baden-Württemberg sollten schadstoff- und sektorübergreifend erfolgen, um zum einen der Tatsache, dass Luftreinhaltemaßnahmen oft mehr als einen Schadstoff mindern, Rechnung zu tragen und zudem die kostengünstigsten Maßnahmen unabhängig vom Quellsektor identifizieren zu können. Nachdem in diesem Vorhaben erstmals Modelle entwickelt wurden, die einen solchen Ansatz unterstützen, sollten entsprechende Analysen zur Identifizierung effizienter schadstoffübergreifender Luftreinhaltestrategien für Baden-Württemberg in Angriff genommen werden.

Zur Verbesserung der Genauigkeit solcher Analysen ist weitere Forschung nötig, insbesondere

- die Ermittlung von differenzierten anlagen- bzw. prozeßspezifischen Emissionsfaktoren und Korngrößenverteilungen für PM-Emissionsprozesse ausgehend von einer detaillierten Bestandsaufnahme der Emittentenstruktur sowie die Erarbeitung von Möglichkeiten und Potentialen zur Minderung von PM-Emissionen;
- die Verbesserung der atmosphärischen Modellierung von Aerosolbelastungen, um eine dreidimensionale Simulation der Aerosolentstehung und -verteilung über

längere Zeiträume zu ermöglichen und um die Entstehung von sekundären Aerosolen aus organischen Verbindungen berücksichtigen zu können.