



Feinstaubforschung in Nordrhein-Westfalen

LANUV-Fachbericht 9





Feinstaubforschung in Nordrhein-Westfalen

LANUV-Fachbericht 9

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Recklinghausen 2008

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361-305-0 Telefax 02361-3053215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Mitherausgeber	Institut für Energie und Umwelttechnik e.V. (IUTA) Bliersheimer Straße 60, 47229 Duisburg Telefon 02065-418-0, www.iuta.de , E-Mail: info@iuta.de
Bearbeitung	Dr. rer. nat. T. A. J. Kuhlbusch (IUTA) Bereich Luftreinhaltung und nachhaltige Nanotechnologie Telefon 02065-418-267, tky@iuta.de

ISSN 1864-3930 LANUV-Fachberichte

Informations-
dienste: Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz unter
• www.lanuv.nrw.de
Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im
• Telefonansagedienst (02 01) 1 97 00
• WDR-Videotext Tafeln 177 bis 179

Bereitschafts-
dienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV NRW
(24-Std.-Dienst): Telefon (02 01) 71 44 88

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von
Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet.
Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
<u>Emissionen, Technik und Prozesse</u>	
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) Emissionsmessungen von PM 10 und PM 2,5 an Industrieanlagen	7
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg Emissionen, Emissionsfaktor diffuse Emissionen	9
Fachhochschule Aachen: Solar-Institut Jülich (SIJ, FH Aachen) Innovative Rußfilter für LKW-Dieselmotoren (Innotrap)	13
Universität Duisburg-Essen, Institut für Verbrennung und Gasdynamik Aerosoltechnik und Filtration	15
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) Emissionskataster: PM10, PM2.5, PM1, UFP	19
<u>Monitoring und Modellierung</u>	
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) Monitoring von PM10, PM2.5 und Staubinhaltsstoffen in NRW	21
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) Modellierung und Ursachenanalyse	25
Rheinisches Institut für Umweltforschung an der Universität zu Köln (RIU) Ausbreitungsrechnungen für Feinstaub	27
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg Modellierung in verschiedenen Skalen	31
<u>Messungen, Messtechnik und Maßnahmen</u>	
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) PM10, PM2.5 und Maßnahmen	35
Universität Duisburg-Essen, Institut für Umweltanalytik Traceranalytik und Traceranwendungen für Feinstaub	37
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg Partikelmessetechnik	41
Universität Bochum, Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik und Messsysteme (RUB) Charakterisierung von Rußaerosolen mittels Raman-Spektroskopie (Raman Soot Spectrometer RASOS)	45
Bergische Universität Wuppertal, FB D, Sicherheitstechnik/Umweltschutz Feinstaub - Entstehung, Charakterisierung, Minderung und Abscheidung	47
Universität Duisburg-Essen, Institut für Physikalische und Theoretische Chemie Kinetische und mechanistische Untersuchungen der Wechselwirkungen von Ultrafei- nen-/Nanopartikeln mit Phasengrenzflächen, Membranen und Proteinen	51

Universität Duisburg-Essen, Zentrum für Mikroskalige Umweltsysteme, ZMU	53
Ultrafeinstäube und Gesundheit. Wirkungen, Exposition und Charakterisierung am Beispiel eines urbanen Agglomerationsraumes	
Universität zu Köln – Geographisches Institut	57
Staubfilterung durch pflanzliche Oberflächen und Pflanzenbestände	
Universität Duisburg-Essen, Institut für Geographie	63
Partikelkonzentrationen (Anzahl, Masse) und urbane Grenzschichtprozesse	
Fachhochschule Düsseldorf (FHD)	67
Feinstaubsonderuntersuchungen	
Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg	73
Partikelcharakterisierung, Maßnahmen und Quellenzuordnung	
Forschungszentrum Jülich, Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre, ICG 2:Troposphäre	77
Charakterisierung der Quellverteilung von Feinstaub und Stickoxiden in Ballungsge- bieten	
Westfälische Wilhelms-Universität, Institut für Landschaftsökologie Arbeitsgruppe Klimatologie	81
Quellenanalyse des Feinstaubes in Münster	
<u>Feinstaubeffekte – Epidemiologie und Toxikologie</u>	
Universität Duisburg-Essen, Institut für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie, Arbeitsgruppe Umwelt- und Klinische Epidemio- logie	83
Gesundheitseffekte von Feinstäuben auf das Herz-Kreislauf-System - die Heinz Nix- dorf Recall Studie	
Institut für Umweltmedizinische Forschung (IUF) an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	87
Einfluss einer langzeitigen Feinstaubbelastung auf die Entstehung chronischer Erkrankungen und altersbedingter Veränderungen	
Universitätsklinikum Essen, Universität Duisburg-Essen, Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin	91
Feinstaubtoxikologie	
Institut für Umweltmedizinische Forschung (IUF) an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	93
Toxikologie von Feinstaub: Mechanismen und Beurteilung	
Programm für das Treffen "Feinstaubforschung in NRW" am 13. November 2007 im IUTA e.V. ,Duisburg	97

Vorwort

Feinstaub – luftgetragene Partikel < 10 µm im Durchmesser – ist seit einigen Jahren ein Brennpunkt der Diskussion um Luftqualität und Luftreinhaltung. Forschungsarbeiten zu „Staub“ sowohl ganz allgemein als auch im Hinblick auf gesundheitliche Auswirkungen gehen zurück bis ins 18. Jahrhundert. 1785 veröffentlichte Sir Percival Pott (in Goldberg, 1985) die Beobachtung, dass ungewöhnlich häufig Schornsteinfeger an Krebs erkrankten. Diese Arbeit von Sir Pott ist damit auch eine der ersten „epidemiologischen Studien“ mit Bezug auf Staub und Ruß. Arbeiten bezogen auf feinere Stäube gehen zurück auf Anfang der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts (Repace and Lowrey, 1980; Spengler et al., 1980). Anfang der 90er Jahre wurde dann die wegweisende Arbeit von Dockery et al. (1993) veröffentlicht, die zeigte, dass Fein- und Feinststäube auch bei sehr niedrigen Konzentrationen zu negativen gesundheitlichen Effekten bei Menschen führen können.

Diese Arbeiten führten zu intensiveren Forschungen auf dem Gebiet des Feinstaubes und waren Ausgangspunkt gesetzlicher Regelungen in den USA, Europa und weiteren Ländern. Forschungsgebiete, die sich heute direkt mit der Feinstaubproblematik beschäftigen, reichen von Soziologie und Ökonomie über die Ingenieur- und Naturwissenschaften hinaus bis hin zu den Gesundheitswissenschaften.

In diesem interdisziplinären und forschungspolitischen Themenfeld gehen Wissenschaftler des Landes Nordrhein-Westfalen den verschiedensten Fragestellungen nach. Zur gegenseitigen Information über die aktuell in NRW stattfindenden Forschungen und den gegenwärtigen Stand des Wissens fand am 13.11.2007 am IUTA e.V. in Duisburg ein Treffen von Wissenschaftlern und Behördenmitarbeitern statt. Die rege Beteiligung und Mitwirkung von mehr als 50 Wissenschaftlern aus Forschungsinstituten, Universitäten und dem LANUV zeigte einerseits den hohen Stellenwert der Veranstaltung als auch ihre dringende Notwendigkeit. Die rege Diskussion auf hohem wissenschaftlichem Niveau machte deutlich, wie hoch die Fachkompetenz hinsichtlich der Feinstaub- und Umweltforschung im Lande angesiedelt ist und wo noch Potenziale einer intensiveren Zusammenarbeit sind.

Die Ihnen hier vorliegende Broschüre „Feinstaubforschung in Nordrhein-Westfalen“ ist ein Ergebnis dieser Veranstaltung. Sie gibt einen Überblick über die beeindruckenden Aktivitäten. Sie zeigt, dass NRW eine außergewöhnlich erfolgreiche Forschungsplattform besitzt. Wir hoffen, dass diese Darstellung der interessierten Öffentlichkeit, den Ministerien und Behörden hilft, kompetente Ansprechpartner zu den verschiedenen Fragestellungen zu finden.

Trotz der intensiven Forschungstätigkeit der letzten Jahre bleiben viele Fragen offen. Es bestehen Erklärungslücken, für die noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Das betrifft insbesondere die interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Frage nach der(n) relevanten Metrik(en), die gezieltere Maßnahmen ermöglichen. Daneben sind zum jetzigen Zeitpunkt auch Evaluierungen der Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität vom lokalen zum europäischen Raum notwendig. In diesem engeren und erweiterten Forschungsbereich sind Initiativen von Seiten des Landes von großer Wichtigkeit und Bedeutung, um in der Europäischen Forschungslandschaft das Ruhrgebiet und NRW durch z. B. integrierte Forschungsplattformen an eine Spitzenposition in der Umweltforschung zu bringen. Darüber hinaus wird natürlich der Ausgangspunkt, der Gesundheit der Bevölkerung zu dienen, der zentrale Leitgedanke dieser Forschung bleiben.

Dr. rer. nat. Thomas A.J. Kuhlbusch
Prof. Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt
IUTA e.V.

Prof. Dr. rer. nat. P. Bruckmann
LANUV NRW

Literatur

- Repace, J.L., Lowrey, A.H., Indoor air pollution, tobacco smoke, and public health, Science (Washington DC) 208, 464-472, 1980.
- Spengler, J.D., Dockery, D.W., Reed, M.P., Tosteson, T., Quinlan, P., Personal exposure to respirable particles. Presented at 73rd annual meeting of the Air Pollution Control Association, June, Montreal, PQ, Canada, Pittsburgh, PA: Air Pollution Control Association; Paper No. 80-61.5b, 1980.
- Goldberg, E.D., Black Carbon in the Environment. Wiley, NewYork, 1985.
- Dockery DW, Pope CA, Xu XP, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer, FE, An association between air pollution and mortality in six U. S. cities. N. Engl. J. Med. 329, 1753-1759, 1993.

Emissionsmessung von PM 10 und PM 2,5 an Industrieanlagen

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner: Dr. Karl-Josef Geueke
Institutsname: Landesamt für Natur,
Umwelt und
Verbraucherschutz NRW
Leibnizstr. 10
45659 Recklinghausen
Dienststelle: 45133 Essen, Wallneyer Straße 6
Bereichsname: Fachbereich Emissionsmessungen, Zentralwerkstatt
Tel. /E-mail: 0201/ 7995-1263 karl-josef.geueke@lanuv.nrw.de
Internetadresse: www.lanuv.nrw.de

Einführung

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) als Nachfolgeorganisation des Landesumweltamtes NRW (LUA) führt seit mehr als vierzig Jahren Emissionsmessungen an Industrieanlagen durch. Diese dienen in der Regel der Ermittlung des Standes der Technik der Emissionsminderung und der Bearbeitung besonderer Fragestellungen im Zusammenhang mit Emissionen industrieller Anlagen. Auftraggeber sind das Ministerium für Umwelt und Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW und die nachgeordneten Umweltbehörden. Messungen im Zusammenhang mit dem Vollzug der Umweltschutzgesetzgebung (§§ 26, 28 BImSchG) werden nicht durchgeführt.

Das LANUV/LUA war an der Entwicklung und Validierung eines Emissionsmessverfahrens für PM 10 und PM 2,5 maßgeblich beteiligt. Der Entwicklungspartner war die Universität Duisburg Essen (AG Prof. Fißan). Unter der Obmannschaft des Ansprechpartners wurde das Verfahren als VDI 2066 Bl. 10 standardisiert. Derzeit erfolgt eine Standardisierung als DIN EN ISO 23210-1.

Mit dem Messverfahren wurde ein umfangreiches Messprogramm an verschiedenen Industrieanlagen durchgeführt. Die Ergebnisse sind veröffentlicht.

Zukünftige Arbeiten

Das oben beschriebene Verfahren wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energie- und Umwelttechnik IUTA e.V. modifiziert und auf die Bestimmung der Emissionen von Quarzfeinstaub adaptiert. Zurzeit erfolgt die Validierung des vollständigen Messverfahrens (Probenahme und phasenspezifische Analyse). Bei Bedarf kann dieses Verfahren standardisiert werden. Diese Arbeiten sind noch in der Planung.

Veröffentlichungen

John, A.C., T.A.J. Kuhlbusch, H. Fissan, G. Bröker, K.-J. Geueke, Entwicklung eines PM 10 / PM 2.5 - Kaskadenimpaktors zur Messung der Emissionen von Feinstäuben, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 59 (1999) 449-454

John, A.C., T.A.J. Kuhlbusch, H. Fissan, G. Bröker, K.-J. Geueke, Development of a PM 10/ PM 2.5 cascade impactor and in-stack measurements, Aerosol Science and Technology 37 (2003) 694-702

Geueke, K.-J. Emissionsmessungen von PM10 und PM2,5 an Industrieanlagen; Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft 65 (2005) 313-316

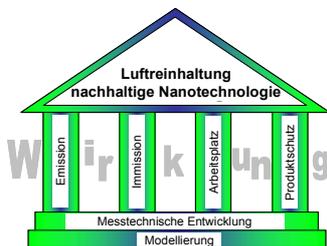
Emissionen, Emissionsfaktor diffuse Emissionen

Ansprechpartner: Dr. Astrid John
Bereichsname: Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie
Universitäts-/Institutsname: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.
Adresse: Bliersheimer Str. 60, 47229 Duisburg
Tel./Fax: 02065 418-214/ -211
E-mail: johnas@iuta.de
Internetadresse: www.iuta.de



Einführung

Wissenschaftliche Schwerpunkte des IUTA e.V. sind neben energietechnischen Aspekten Umwelt- und umwelttechnische Fragestellungen von luftgetragenen Schadstoffen. Letztere umfassen Gase, Moleküle, Nanopartikel bis hin zu Aerosolen. Im IUTA werden Forschungsarbeiten zum Feinstaub in drei Bereichen durchgeführt: Luftreinhaltung und Prozessaerosole (Aerosole in und aus industriellen Prozessen), Luftreinhaltung und Filtration (Filtration von Luft zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen, z. B. Auto) und Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie.



Im Bereich der „Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie“ des IUTA befassen sich die Arbeitsgebiete Emission, Immission, Modellierung und messtechnische Entwicklung mit Feinstaubforschung. Hierbei legen die Modellierung und messtechnischen Entwicklungen (siehe Beitrag von Herrn Dr. Quass) die Basis für die Arbeiten im Bereich der Immission (siehe Beitrag von Herrn Dr. Kuhlbusch) und der Emission (dieser Beitrag).

Die Forschungsarbeiten zu Emissionen befassen sich mit

- der chemischen und physikalischen Charakterisierung der emittierten Stäube,
- Entwicklung, Validierung und Standardisierung von Messtechniken und Messverfahren,
- Untersuchungen zu Nahfeldprozessen bei der Durchmischung von Emissionen mit Außenluft,
- Diffuse Emissionen bei Verkehr und Industrie.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

Für die nähere Zukunft sehen wir Forschungsschwerpunkte zu folgenden Themen, die gerne auch in Kooperation mit anderen Instituten bearbeitet werden:

- Entwicklung/Validierung von Bestimmungsmethoden für diffuse Emissionen

In den letzten Jahren wurden emissionsmindernde Maßnahmen recht erfolgreich im Bereich der gefassten und punktförmigen Quellen vorgenommen. Neuere Untersuchungen zeigen, dass aber gerade die diffusen Quellen aus industriellen Bereichen, der Landwirtschaft und dem Verkehr relevante Quellen darstellen. Zurzeit gibt es noch keine allgemein anerkannte quantitative Bestimmungsmethode zur Beurteilung von diffusen Quellen.

- Bestimmung von Emissionsfaktoren für diffuse Emissionsquellen

In Erweiterung zur oben aufgeführten Fragestellung besteht entsprechend der Bedarf, Emissionsfaktoren und deren zeitliche Variabilität zu ermitteln, um diese in Emissions- und Immissionsprognosen vernünftig einbinden zu können.

- Prozessuntersuchung diffuser Emissionen und natürlicher Quellen und deren Modellierung

In den beiden vorherigen Punkten werden die diffusen Emissionen hauptsächlich unter dem praxisnahen Aspekt der quantitativen Emissionen betrachtet. Auf Grund der Vielzahl der diffusen Quellen und Abhängigkeiten der Quellmechanismen ist es auch notwendig, die grundlegenden Prozesse im Detail zu untersuchen, u.a. auch um diese Prozesse modellmäßig nachbilden zu können.

- Emissionen und Quellen von submikronen und ultrafeinen Partikeln

Im Bereich der Expositionsforschung besteht zurzeit die Notwendigkeit der detaillierten Untersuchung, wie submikrone und ultrafeine Partikel in Innenräumen, an Arbeitsplätzen und im Umweltbereich freigesetzt und transportiert werden. Zu diesen Partikelfractionen existieren unseres Wissens nach noch keine Emissionskataster.

Referenzen/Veröffentlichungen

Engelke, T., A. Hugo, F. Schmidt, E. Renner, R. Wolke, J. Zoboki: Results on Modelling and Measurements on particle number concentrations and size in and near stack. In: Air Pollution Modelling and Its Application XVIII., pp621-630; Elsevier, ISBN 978-0-0444-52987-9, Amsterdam 2007

Hugo, A., D. Jarzyna, M. Beyer, T. Kuhlbusch; Results on dispersion modelling of fugitive dust emissions using different dispersion models. Proceedings 7th Intern. Conf. on Emission Monitoring Paris, 2006.

Hugo, A., M. Beyer, D. Jarzyna, T.A.J. Kuhlbusch; U. Quass: Fugitive dust emission calculation based on reverse dispersion modelling by use of measurements and two different dispersion models. DustConf 2007, Maastricht

John, A.C., Pobenahme und chemische Analytik von korngößengraktionerten Immissions- und Emissionsaerosolen, Dissertation, Universität Duisburg, 15.03.2002.

- John, A.C., Quass, U., Lindermann, J., Beyer, M., Sulkowski, M.&M., Hirner, A.V., Baum, A., Kuhlbusch, T.A.J., Non-exhaust PM emission from highway traffic, Abstracts of the EAC 2007, Salzburg, September 9-14, 2007.
- John, A.C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H., Studie zur Ermittlung des Partikelemissionspotentials geführter Quellen und dessen meßtechnischer Überprüfung, Bericht an das Landesumweltamt NRW, , 2001.
- John, A.C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H.; Bröker, G.; Geueke, K.-J., Development of a PM10/PM2.5 Cascade impactor and in-stack measurements, Aerosol Sci. & Techn. 37, 694-702, 2003.
- John, A.C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H.; Geueke, K.-J.; Bröker, G., Development of a PM10/PM2.5 cascade impactor for in-stack measurements, J. Aerosol Sci., 32, S1, S967-968, 2001.
- John, A.C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H.; Schmidt, K.-G., Size-fractionated Sampling and chemical analysis by Total-Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry of size-fractionated ambient aerosols and emissions, Spectrochimica Acta Part B, 56, 11, 2137-2146, 2001.

Innovative Rußfilter für LKW-Dieselmotoren (Innotrap)



Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Daniel Gonsior
Bereichsname: Solar-Institut Jülich (SIJ)
Leiter: Prof. Dr. Bernhard Hoffschmidt
Universität/Institut: Fachhochschule Aachen
Adresse: Heinrich-Mußmann-Str. 5, 52428 Jülich
Tel./Fax/E-mail: +49 (0)241 6009-53544 / daniel.gonsior@sij.fh-aachen.de
Internetadresse: www.sij.fh-aachen.de

Hintergrund

Dieselmotoren emittieren nicht vernachlässigbare Mengen an Feinstaub, welcher im Verdacht steht Krebs zu erregen, und Stickoxide (NO_x), welche hochgiftig sind und zudem sauren Regen sowie Waldsterben und Smogbildung verursachen. Die heute für diese Schadstoffe geltenden Grenzwerte sind bereits so niedrig, dass eine Einhaltung durch reine Motormanagementmaßnahmen nicht mehr möglich ist. Kommende Abgasgesetzgebungen werden diesen Zustand noch weiter verschärfen.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Entstehungsbedingungen für Stickoxide und Ruß gerade gegenläufig sind: Bei heißer Verbrennung wird der Kraftstoff in hohem Maße umgesetzt und es entsteht wenig Ruß. Hohe Temperaturen begünstigen allerdings die thermische Bildung von Stickoxiden. Durch Absenkung der Verbrennungstemperatur sowie Rückführung von sauerstoffarmem Abgas in den Brennraum kann diese reduziert werden. Während des Einspritzvorgangs des Kraftstoffs zerfällt dieser aufgrund der hohen Temperatur und des hohen Drucks in kleinere Komponenten. Dabei wird in hohem Maß der leichtflüchtige Wasserstoff vom Kohlenstoff abgespalten, welcher in langen Ketten, dem Ruß, zurückbleibt. Durch weitere Druck- und Temperaturzunahme im Verlauf des Verbrennungsprozesses zerbrechen diese Rußketten in kleinere, oxidationsfähige Fragmente. Bei unzureichender Temperatur, wie sie bei der Vermeidung von Stickoxidbildung erwünscht ist, bricht dieser Prozess vorzeitig ab und die Rußemission nimmt zu.

Innermotorisch stehen somit keine Maßnahmen zur Verfügung, sowohl Stickoxid- als auch Rußbildung zu vermeiden. Eine außermotorische Abgasnachbehandlung ist deshalb unabdingbar. Hier kommen derzeit zwei Maßnahmen zum Einsatz. Stickoxide werden entweder durch die Einspritzung Ammoniak bildender Zusätze (wässrige Harnstofflösung) im Katalysator zu Stickstoff und Wasser reduziert oder im NO_x-Speicherkatalysator zwischengespeichert und anschließend unter sauerstoffarmen Bedingungen reduziert. Ruß wird in entsprechenden Filtern eingelagert und periodisch oder kontinuierlich zu Kohlendioxid oxidiert. Diese Regeneration muss bei

Nachrüstfiltern ohne unterstützende Maßnahmen anlaufen, weshalb hier der Wirkungsgrad stark beschränkt bleibt und nur mindestens 30% betragen muss. Vom Fahrzeughersteller integrierte Filter können über zusätzliche Maßnahmen verfügen, um so Wirkungsgrade über 90% und optimierte Regenerationsbedingungen zu schaffen (so genannte Wandstromfilter). Allen Rußfiltern gemein ist das Problem der ebenfalls eingelagerten Aschen, welche vornehmlich durch Öl- sowie Kraftstoffadditive und Metallabrieb im Motor entstehen. Diese lassen sich nicht durch Regeneration aus dem Filter entfernen und verursachen so einen stetig zunehmenden, dauerhaften Gegendruck. Im Nutzfahrzeugmotor führt dies notwendigerweise zu mehrfachem Filterwechsel und somit erhöhten Standzeiten, besonders bei Einsatz von Wandstromfiltern.

Konventionelle Wandstromfilter

Konventionelle Wandstromfilter verfügen über ein Bündel aus keramischen Kanälen mit porösen Wänden. Die Kanäle sind wechselseitig verschlossen, so dass eine Aufteilung in Einlass- und Auslasskanäle vorliegt. Das Abgas ist nun gezwungen, über die porösen Wände von den Einlass- in die Auslasskanäle zu strömen. Dabei findet ein Filtrationseffekt zunächst innerhalb der Wände, später auch auf diesen bzw. auf dem entstandenen Filterkuchen statt. Während der Regeneration wird die eingelagerte Asche gelöst und kumuliert am hinteren Ende des Filters.

Das Projekt Innotrap

Der im Projekt Innotrap zu entwickelnde Prototyp weist gegenüber dem Stand der Technik eine geänderte Strömungsführung auf. Die Einlasskanäle sind sowohl vorne als auch hinten geöffnet, münden jedoch in einen Behälter, den so genannten Aschekasten. Parallel zu den Einlasskanälen sind die Auslasskanäle angeordnet, die eine um 30° bis 150° gedrehte Abströmung erlauben. Die Asche kann nun während des Regenerationsvorgangs in Richtung Aschekasten und in diesen hinein transportiert werden und steht somit der Strömung nicht mehr im Weg. Im Solar-Institut Jülich werden solche Filter zusammen mit Partnern aus der Industrie und anderen Forschungseinrichtungen entwickelt. Die Untersuchungen finden unter anderem an SIJ-eigenen Heißgas- und Motorenprüfständen statt.

Weitergehende Untersuchungen

Am Solar-Institut Jülich steht neben konventioneller Rauchwertmesstechnik ein elektrostatischer Klassierer (SMPS) der Firma TSI zur Verfügung. Dieser wird verwendet, um die partiellen Abscheidegrade der verwendeten Filtergeometrien zu untersuchen.

Aerosoltechnik und Filtration

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Ansprechpartner: PD Dr.-Ing. Frank Schmidt

Bereichsname: Nanopartikel-Prozesstechnik/ Aerosoltechnik

Universitäts-/Institutsname: Universität Duisburg-Essen, Institut für Verbrennung und Gasdynamik

Leiter: Prof. Dr. rer. nat. M. Winterer

Adresse: Lotharstr. 1, 47057 Duisburg

Tel./Fax/E-mail: +49 (0)203 379-2780, -3017, frank.schmidt@uni-due.de

Internetadresse: www.uni-duisburg-essen.de/ivg/nano/

Einführung und Arbeitsfelder

Die Arbeitsgruppe „Aerosoltechnik“ setzt die sehr erfolgreiche Arbeit der Verfahrenstechnik/Umwelttechnik fort. Schwerpunkte sind die Modellierung des Transportes und der Abscheidung submikroner Partikel in technischen Systemen. Den experimentellen Schwerpunkt bilden die definierte Bereitstellung und Charakterisierung von Testpartikeln, welche insbesondere zu diversen Filtertests eingesetzt werden. Darüber hinaus werden Adsorptionsversuche bei variabler Feuchte und Temperatur durchgeführt.

Modellierung:

Die Berechnung von Partikelausbreitung, -dynamik und -deposition basiert u. a. auf FLUENT.

Partikelgenerierung und -charakterisierung:

Zur Aerosolerzeugung steht eine Vielzahl von Generatoren zur Verfügung, z. B. Band- und Bürstengeneratoren, diverse Vernebler von Flüssigkeiten und Suspensionen sowie ein Schwingblenden-Aerosol-Generatoren. Die reproduzierbare Diesel-russerzeugung erfolgt mit Hilfe eines Notstromaggregates.

Zur Bestimmung der Anzahlkonzentration und Größenverteilung werden unterschiedliche optische Partikelzähler und speziell für den submikronen Größenbereich SMPS-Systeme (Messbereich 10–1000 nm Partikeldurchmesser) sowie Nano-DMA (Messbereich 2–150 nm Partikeldurchmesser) eingesetzt. Darüber hinaus werden zur mikroskopischen Untersuchung von Partikeln Auflicht- oder Dunkelfeldmikroskope mit automatischer Bildverarbeitung verwendet. Die genannten Einrichtungen stehen auch für allgemeine Untersuchungen im Bereich Aerosole / Staub- und Partikel-Messtechnik zur Verfügung. Als Prüfinstitut wurde die Partikelabscheidung beispielsweise durch Staubsauger, Luftbefeuchter, Zyklone und Koalescer untersucht.

Weiterhin werden Messungen von Emissionen und Immissionen auf Basis von Streulichtmessverfahren, Impaktionsverfahren und elektrischen Messverfahren sowie mit Hilfe von Niederdruck-Kaskadenimpaktoren durchgeführt. Die Bestimmung der Mobi-

litäts- bzw. Größenverteilung von Feinststäuben erfolgt im elektrischen Feld, die Einzelpartikelzählung ist bei Durchmessern ab 3 nm möglich.

Im Bereich Filtration ist eine enge Kooperation mit dem IUTA e. V. vorhanden. Es werden Standardfiltertests nach DIN 71460, Teil 1 und 2, EN 779 und Geruchsfiltertests angeboten. Darüber hinaus können Filtertests bei Temperaturen bis 100°C und rel. Luftfeuchten bis 100 % durchgeführt werden. Neben konfektionierten Filtern werden Schüttungen und flat sheets untersucht.

Ansprechpartner: PD Dr.-Ing. F.Schmidt
Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.
Wiss. Leiter: Prof. Dr.-Ing. Bathen
Bereich: Filtration/ Umweltverfahrenstechnik
Adresse: Bliersheimer Str. 60, 47229 Duisburg
Tel./Fax/E-mail: +49 (0)2065 418-208, -211, f.schmidt@iuta.de
Internetadresse: www.iuta.de



Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

AiF-Projekt:

Katalytische Umsetzung von NO_x mit nanoskaligen Materialien in Dünnschichtfiltern, voraussichtlich ab 06/2008.

AiF-Projekt:

Untersuchung der adsorptiven Abscheidung von Gerüchen, Stickoxiden, Ozon und Mehrkomponentengemischen an Kfz-Innenraumfiltern, seit 08/2006.

AiF-Projekt:

Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Erzeugung eines Testaerosols mit definierten Ladungseigenschaften für die Filterprüfung, abgeschlossen 2007, Verlängerung für 2008 geplant.

Referenzen/Veröffentlichungen

- Sager, U.; Görgülü, A.; Schmidt, F.; Adsorptive removal of nitrogen oxides in cabin air filters; 10th World Filtration Congress, 14.-18. April 2008, Leipzig, Germany
- Sager, U.; Schmidt, F.; Einfluss von Ozon auf die Adsorption an Kfz-Innenraumfiltern; 9. Symp. Textile Filter, 4.-5. März 2008, Chemnitz, Germany
- Ren, Z.; Schmidt, F.; Winterer, M.; Fluid dynamic simulation of a collector for nanoparticles from an aerosol at low process pressure through forced thermophoresis; Partec, Nürnberg März 2007

- Breidenbach, A.; Schmidt, F.; Winterer, M.; Experimental examination of sublimation of submicron volatile particles; Wiesbaden, Filtech 2007, Wiesbaden
- Zhang, P.; Sager, U.; Schmidt, F.; Wanko, H.; Ulrich, J.; Untersuchung des Adsorptionsverhaltens von Dünnschichtfiltern am Beispiel der Kfz-Innenraumfilter. Chem. Ing. Tech. 78, Nr. 12, 2006, S. 1837-1844 (2006)
- Sager, U. Schmidt, F. Winterer, M.; Untersuchung des binären Adsorptionsgleichgewichtes von Toluol und n- Butan in feuchter Luft an Aktivkohle (GVC/Dechema-Jahrestagung, Wiesbaden, 6.-8. Sept.2005)
- Sager, U.; Schmidt, F.; Däuber, E.; Winterer, M.; Mathematical modelling of dynamic adsorption in Cabin air Filtration- Binary Adsorption Equilibrium (Filtech 2005)
- Krause, F. M.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; Influence of humidity and electrostatic discharge on testing of cabin air filters; Stfi- Seminar "Textile Filter", März 2004 Chemnitz
- Krause, F. M.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; Influence of humidity and electrostatic discharge on testing of cabin air filters; Partec, Nürnberg März 2004
- Hugo, A.; Engelke, T.; Beckmann, M.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G., Untersuchungen zum Einfluss von Eingabeparametern auf die Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen für Stäube nach TA Luft; Chem. Ing. Tech. (75), Nr.8, 2003, S. 1056-1057 (2003)
- Hugo, A.; Engelke, T.; Beckmann, M.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; Einfluss der Depositionsgeschwindigkeit von Feinstaub (PM_x) auf die Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen – Sensitivitätsstudie; Immissionsschutz 9/2003, S.105-108 (2003)
- Ponten, D.; Kuhlbusch, T.A.J.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G. Fissan, H.; New Year eve fireworks 2002; Part 1 Aerosol size distribution and mass concentrations, J. Aerosol Sci., S. 447-448 (2003)
- Krause, F. M.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; Influence of temperature and humidity on testing of cabin air filters according to DIN 71460/1 Filtech, Düsseldorf 2003
- Bauckhage, K.; Bottlinger, M.; Ebert, F.; Fißan, H.; Ripperger, S.; Schmidt, F.; Sommer, K.; Weichert, R.; Wriedt, Th.(2003); Experimentelle Methoden zur Charakterisierung von Faserkollektiven; Chem. Ing. Technik, 76, No.6, 762-779
- Schmidt, F.; Sager, U.; Däuber, E; Dynamik Adsorption Behaviour of Cabin Air Filters; Filtration+ Separation, Vol.39, No.7; S. 42-47; (2002)
- Hugo, A.; Engelke, T.; Berry, A.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; Einfluss der materialbezogenen und umgebungs-spezifischen Größen auf das Depositionsverhalten von Partikeln, Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 62, Nr. 11/12, S. 471-478 (2002)
- Hugo, A.; Engelke, T.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; Datenbank zur Berücksichtigung von Feinstaubfraktionen (PM_x) bei Ausbreitungsrechnungen, VDI-Berichte Nr. 1722, S. 275 ff. (2002)
- Krause, M.; Schmidt, F.; Auswirkung von Feuchte und Temperatur auf die Filterprüfung nach DIN 71460-1, 16. Palas- Seminar, 2002
- Kuhlbusch, T.A.J.; John, A.; Fißan, H.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; PM_x-Massenkonzentrationen, chemische Zusammensetzung und Quellenzuordnung, Dechema Workshop Herausforderung Aerosole, Tagungsband ISBN 3-89746-032-7, S. 85-96 (2002) Hugo, A.; Engelke, T.; Schmidt, F.; Schmidt, K.G.; Datenbank zur Berücksichtigung von Feinstaubfraktion (PM_x) bei Ausbreitungsrechnungen; VDI- Bericht Nr. 1722, S. 275- 289 (2002)
- Krinke, T. J.; Deppert, K.; Magnusson, M. H.; Schmidt, F.; Fissan, H.; Microscopic aspects of the deposition of nanoparticles from gas phase; J. Aerosol Sci., Nr. 33, S. 1341-1359 (2002)

- Sager, C.; Schmidt, F.; Schmidt, K. G.; Untersuchungen zur Partikeldeposition in Probenahmeleitungen aufgrund verschiedener Transportmechanismen; Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, 61, S.207 -211 (2001)
- Sager, U.; Schmidt, F.; Schmidt, K. G.; Dynamic Behaviour of Adsorption in Cabin Air Filtration; Filtech, 16.-18. Oktober 2001, Düsseldorf

Emissionskataster: PM10, PM2.5, PM1, UFP

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner: Dr. Andreas Brandt
Bereichsname: Fachbereich Emissionskataster, Luftreinhalteplanung
Universitäts-/Institutsname: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
Adresse: Postfach 10 10 52, 45610 Recklinghausen
Telefon/Fax: 0201-7995-1889 / -1857
E-Mail: andreas.brandt@lanuv.nrw.de
Internetadresse: www.lanuv.nrw.de

Einführung

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) ist als Landesoberbehörde wissenschaftlicher Berater der Landesregierung, unterstützt die Behörden des Landes beim Vollzug der Umweltgesetzgebung und informiert die Öffentlichkeit über Daten und Fragen des Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutzes. Unter anderem betreibt das LANUV das Umweltmonitoring für NRW und unterhält dazu landesweite Messnetze, zum Beispiel das Luftqualitäts-Messnetz (LUQS). Das Emissionskataster NRW sowie die darauf aufbauenden Modellrechnungen im kleinskaligen Raster von Straßenschluchten bis hin zu flächendeckenden Modellierungen sind weitere wichtige Elemente der zentralen Beurteilung der Luftqualität. Das LANUV schafft somit die Datengrundlage für Luftreinhaltepläne.

Themenschwerpunkte auf dem Gebiet der Feinstaubforschung (Bereich Emissionskataster Luft)

Das LANUV erfasst bedeutsame Emissionen aller wichtigen Emittentengruppen in NRW im Emissionskataster Luft NRW.

Bedeutsame Emittentengruppen in NRW sind Industrie, Gewerbe, Kleinf Feuerungsanlagen und Verkehr, aber auch Landwirtschaft, Nutztierhaltung und sonstige Quellen, z. B. Bergbau, Abfalldeponien, bis hin zur Produktanwendung in Haushalten. Der Emissionsbericht 1996/1997 liefert einen guten Überblick über die Emissionssituation in NRW (siehe http://www.lanuv.nrw.de/emikat97/ekl_jb/jb.htm).

Darüber hinaus können anhand der detaillierten Emissionsdaten 1996 und 2004 aber auch spezifische regionale und lokale Fragestellungen beantwortet werden. Von den insgesamt im Kataster erfassten luftverunreinigenden Stoffen werden hier nur die

Wichtigsten aufgeführt. Einer der wichtigen luftverunreinigenden Stoffe ist der Feinstaub.

Die Emittentengruppe Industrie umfasst die genehmigungsbedürftigen Anlagen gem. der 4. BImSchV. Die Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen sind verpflichtet, den zuständigen Behörden (Bezirksregierungen, Kommunen und das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz; bis zum 31.12.2006 waren dies die Staatlichen Umweltämter, Bergämter und das Landesumweltamt) aktuelle Emissionsdaten für den jeweiligen Erklärungszeitraum im Rahmen der Emissionserklärung mitzuteilen.

Insbesondere im Rahmen der Vorbereitung von Luftreinhalteplänen mit möglichst zielgerichteten Maßnahmen zur Verminderung der Feinstaubbelastung führt das LANUV Ursachenanalysen und Messprogramme zur Quellenzuordnung durch. Ein wesentlicher Ausgangspunkt für die Ursachenanalyse sind die Emissionsdaten. Im LANUV liegt eine sehr gute Datenbasis für die Emissionen aus dem Verkehr (Straßen-, Schienen-, Schiffs-, Offroad- und Flugverkehr) und der Industrie für Gesamtstaub und PM10 sowie teilweise auch für PM2.5 vor. Die Emissionsdaten Kleinf Feuerung/Hausbrand werden in einem derzeit laufenden Projekt aktualisiert.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Wichtige Grundaufgaben des LANUV wie die flächendeckende Beurteilung der Luftqualität im Hinblick auf PM10 und PM2.5, die Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten und die Luftreinhalteplanung werden fortgeführt. Dazu treten folgende Projekte:

- Aktualisierung der Emissionsdaten Kleinf Feuerung/Hausbrand auf Basis von Kehrbezirksstatistiken der Bezirksschornsteinfegermeister, Gebäudestrukturdaten, Daten der Energieversorger und Gasnetzbetreiber sowie ggf. zusätzliche lokale Datenerhebungen
- Erweiterung der Kenntnisse über PM2.5-Emissionen und Quellen
- Ermittlung von Emissionen aus diffusen Quellen, wie z.B. Tagebauten, Halden, Industrie und Landwirtschaft
- Ermittlung von Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieb durch Verkehr, insbesondere durch Straßen- und Schienenverkehr mit Schwerpunkt innerstädtischem Schienenverkehr.

Referenzen/Veröffentlichungen

Diese Arbeiten sind unter anderem in eine Vielzahl von Luftreinhalteplänen und Aktionsplänen eingeflossen. Diese finden Sie unter <http://www.env-it.de/luftdaten/download/public/html/Luftreinhalteplaene/uballl.htm> bei Nordrhein-Westfalen.

Monitoring von PM₁₀, PM_{2.5} und Staubinhaltsstoffen in NRW

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner: Prof. Dr. Peter Bruckmann

Bereichsname: Abt. 4: Luftqualität, Geräusche, Erschütterungen,
Strahlenschutz

Universitäts-/Institutsname: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
NRW

Adresse: Postfach 10 10 52, 45610 Recklinghausen

Telefon/Fax: 0201-7995-1258 / -1575

E-Mail: peter.bruckmann@lanuv.nrw.de

Internetadresse: www.lanuv.nrw.de

Einführung

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) ist als Landesoberbehörde wissenschaftlicher Berater der Landesregierung, unterstützt die Behörden des Landes beim Vollzug der Umweltgesetzgebung und informiert die Öffentlichkeit über Daten und Fragen des Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutzes. Unter anderem betreibt das LANUV das Umweltmonitoring für NRW und unterhält dazu landesweite Messnetze, zum Beispiel das Luftqualitäts-Messnetz (LUQS). Das Emissionskataster NRW sowie die darauf aufbauenden Modellrechnungen im kleinskaligen Raster von Straßenschluchten bis hin zu flächendeckenden Modellierungen sind weitere wichtige Elemente der zentralen Beurteilung der Luftqualität. Das LANUV schafft somit die Datengrundlage für Luftreinhaltepläne.

Themenschwerpunkte auf dem Gebiet der Feinstaubforschung (Bereich Monitoring)

Das LANUV führt derzeit PM₁₀-Messungen an ca. 70 Messstationen in NRW durch, die alle wichtigen Gebietstypen (ländlicher und urbaner Hintergrund, verkehrs- und industrienaher Gebiete) abdecken. Es werden sowohl kontinuierliche PM₁₀-Messungen mit einer aktuellen Information der Bevölkerung über das Internet durchgeführt (Geräte: β -Absorption TEOM SES, TEOM FDMS) als auch diskontinuierliche PM₁₀-Messungen. Diese dienen dem Bezug der kontinuierlichen Messungen auf das gravimetrische Referenzverfahren nach EN 12341 und der Messung von Staubinhaltsstoffen (derzeit Pb, As, Cd, Ni, B[a]P; in Einzelfällen und zur Ursachenanalyse auch z.B. Fe, Zn, NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, EC). Ein PM_{2.5}-Messnetz ist im Aufbau und

umfasst derzeit 10 Stationen. Weitere PM2.5-Stationen werden hinzutreten, um die Anforderungen der novellierten EU-Richtlinie zur Luftqualität zu erfüllen.

Das LANUV ist neben dem Umweltbundesamt als nationales Referenzlabor benannt und betreibt Qualitätssicherung von Feinstaubmessdaten im nationalen und internationalen Rahmen.

Insbesondere im Rahmen der Vorbereitung von Luftreinhalteplänen mit möglichst zielgerichteten Maßnahmen zur Verminderung der Feinstaubbelastung führt das LANUV Ursachenanalysen und Messprogramme zur Quellenzuordnung durch, so unter anderem Quellenzuordnungen im Bereich Duisburg (Vergabe), Einzelpartikelanalyse im Nahbereich eines industriellen Emittenten (Vergabe) oder die Messung der Partikelanzahl in Duisburg (Vergabe).

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Wichtige Grundaufgaben des LANUV wie die flächendeckende Beurteilung der Luftqualität im Hinblick auf PM10 und PM2.5, die Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten und die nationale und internationale Qualitätssicherung im Rahmen des nationalen Referenzlabors werden fortgeführt. Dazu treten folgende Projekte:

- Ausbau des PM2.5-Messnetzes gemäß den Anforderungen der novellierten EU-Luftqualitätsrichtlinie.
- Erarbeitung einer Methodik zur Bestimmung des Anteils natürlicher Quellen an der PM10-Belastung (Aufwirbelung geogenen Staubs und Waldbrände außerhalb der EU, Seesalz) incl. Analyse von Staubinhaltsstoffen an ausgewählten Messstationen (Vergabe).
- Einzelpartikelanalyse in Straßenschluchten zur Abgrenzung direkter Motor-emissionen von Aufwirbelung von Straßenstaub, Reifen- und Bremsenabrieb (Vergabe), möglicherweise in Verbindung mit einer bulk-Analyse und Luv-Lee-Messungen.
- Bestimmung der Partikelanzahl an Orten unterschiedlicher Luftqualität (in Planung).

Referenzen/Veröffentlichungen

P. Bruckmann, D. Gladtko, W. Kappert, K. Vogt, S. Wurzler, A. Brandt:
The effectiveness of local abatement measures on air quality – five cases from the Rhine-Ruhr-region, Germany. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft, im Druck.

Second Position Paper on Particulate Matter. CAFE Working Group on Particulate Matter, April 6th, 2004, Kapitel 3 und 4. cafe/index.htm/wg-particulate_matter.htm.

M. Williams, P. Bruckmann:

A Report of Guidance to Member States on PM10 Monitoring and Intercomparisons with the Reference Method. European Commission Report, Brussels (2002).

P. Bruckmann, Th. Eikmann:

Feinstäube und Gesundheit. Chem. unserer Zeit 2007 (41), 248 – 253.

P. Bruckmann, S. Wurzler, K. Mildenerberger:

Die Episode hoher Staubkonzentrationen im Januar und Februar 2006. Immissionschutz 2006 (11), 64 – 72.

W. Aas, P. Bruckmann, R. Derwent, N. Poisson, J.P. Putaud, L. Rouil, S. Vidic, K.E. Yttri (Hrsg.): EMEP Particulate Matter Assessment Report. EMEP/CCC-Report 8/2007, No. 0-7726, NILU, Kjeller, Norway.

Modellierung und Ursachenanalyse

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner: Dr. Sabine Wurzler

Bereichsname: Abt. 4: Luftqualität, Geräusche, Erschütterungen,
Strahlenschutz

Universitäts-/Institutsname: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
NRW

Adresse: Postfach 10 10 52, 45610 Recklinghausen

Telefon/Fax: 0201-7995-1313 / -1575

E-Mail: sabine.wurzler@lanuv.nrw.de

Internetadresse: www.lanuv.nrw.de

Einführung

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) ist als Landesoberbehörde wissenschaftlicher Berater der Landesregierung, unterstützt die Behörden des Landes beim Vollzug der Umweltgesetzgebung und informiert die Öffentlichkeit über Daten und Fragen des Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutzes. Unter anderem betreibt das LANUV das Umweltmonitoring für NRW und unterhält dazu landesweite Messnetze, zum Beispiel das Luftqualitäts-Messnetz (LUQS). Das Emissionskataster NRW sowie die darauf aufbauenden Modellrechnungen im kleinskaligen Raster von Straßenschluchten bis hin zu flächendeckenden Modellierungen sind weitere wichtige Elemente der zentralen Beurteilung der Luftqualität. Das LANUV schafft somit die Datengrundlage für Luftreinhaltepläne.

Themenschwerpunkte auf dem Gebiet der Feinstaubforschung (Bereich Modellierung und Ursachenanalyse)

Das LANUV führt derzeit PM10-Modellierungen und Ursachenanalysen für eine Vielzahl von Luftreinhalte- und Aktionsplänen durch.

Basis für die Modellierung und die Ursachenanalyse sind

- **Emissionskataster Luft im LANUV**
für Industrie, Verkehr (Straße, Schiffe, Schiene, Offroad) und Hausbrand / sonstige Heizungsanlagen
- **Berechnungen des regionalen Hintergrundniveaus (EURAD)**
- **Messungen des LANUV**
regionale / urbane Hintergrundbelastung, Belastungsschwerpunkte
- **Meteorologische Daten (u. a. Windrichtung und Geschwindigkeit),**
- **Bebauung, Topographie**

- **Ausbreitungsmodelle für luftgetragene Schadstoffe**

Hierzu werden zur Beantwortung der Fragestellung adäquate Modelle, wie Lagrange Modelle (z.B. Lasat, Austal2000), Euler Modelle (z.B. Miskam, EURAD) und Screeningmodelle (z.B. IMMISLuft), eingesetzt.

Eine besondere Herausforderung in der Modellierung ist die Behandlung von diffusen Quellen, wie z.B. von Kohlebunkern und Tagebauten. Des Weiteren stellt erfahrungsgemäß die regionale Hintergrundbelastung bereits gut die Hälfte des Grenzwerts für den PM10 Jahresmittelwert. Eine weitere große Herausforderung ist die Luftreinhalteplanung für das Ruhrgebiet, bei der für die Ursachenanalyse Kfz-Immissionen für 3000 km Straßenlänge in 5347 Abschnitten mit Wohnbebauung plus die Beiträge sonstiger Verkehre, der Industrie, des Hausbrands sowie der regionalen Hintergrundbelastung einfließen. Die Ursachenanalyse erfolgt durch eine Kombination von modellierten Daten und Messdaten. Unsere Projektpartner sind hierbei RIU EURAD und die IVU Umwelt GmbH.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Wichtige Grundaufgaben des LANUV wie die flächendeckende Beurteilung der Luftqualität im Hinblick auf PM10 und PM2.5, die Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten und die Luftreinhalteplanung werden fortgeführt. Dazu treten folgende Projekte:

- Ermittlung der Herkunft des regionalen Hintergrundniveaus, mit RIU EURAD
- Modellierung diffuser Quellen
- Modellentwicklungen bezüglich PM2.5 und PM1
- Luftreinhalteplanung Ruhrgebiet, mit RIU EURAD und IVU Umwelt GmbH

Referenzen/Veröffentlichungen

Diese Arbeiten sind unter anderem in eine Vielzahl von Luftreinhalteplänen und Aktionsplänen eingeflossen. Diese finden Sie unter:

<http://www.env-it.de/luftdaten/download/public/html/Luftreinhalteplaene/uballl.htm>
bei Nordrhein-Westfalen.



Ausbreitungsrechnungen für Feinstaub

Ansprechpartner: Dr. M. Memmesheimer, Dr. H.J. Jakobs, E. Friese

Rheinisches Institut für Umweltforschung an der Universität zu Köln
Aachener Straße 209
50931 Köln

Tel./Fax/E-mail: ++49-221-400 2220, ++49-221-400 2320, mm@riu.uni-koeln.de
Internetadresse: www.riu.uni-koeln.de

Einführung

Aufgabe des Rheinischen Instituts für Umweltforschung (RIU) ist die Durchführung und Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in allen Bereichen, die für die Umwelt von Bedeutung sind. Das Institut arbeitet eng mit der Universität zu Köln zusammen. Es wird durch einen Förderverein getragen, dem vor allem Mitglieder der Hochschule, darüber hinaus aber auch andere interessierte Umweltwissenschaftler angehören. Der Förderverein und das Institut sind eine gemeinnützige Einrichtung.

Einen Schwerpunkt der Arbeiten von RIU bilden derzeit Projekte der atmosphärischen Umweltforschung. In Zusammenarbeit mit der Universität zu Köln und dem Forschungszentrum Jülich wurde ein regionales Modell zur Behandlung von Fragen der Luftreinhaltemaßnahmen entwickelt. Es handelt sich um das EURAD-Modell-System (EURAD: Europäisches Ausbreitungs- und Depositionsmodell). Mit ihm werden sowohl europaweite als auch lokale Fragen der Luftbelastung bearbeitet. Ozon, saure Substanzen ("saurer Regen") und atmosphärisches Aerosol (u. a. Staub) sind die vom Menschen erzeugten Luftbeimengungen, die im Zentrum der Forschung der Atmosphärengruppe stehen.

Anwendungen von EURAD, die vom RIU in verschiedenen Projekten durchgeführt werden, umfassen Beiträge zur Planung von Luftreinhaltemaßnahmen sowie eine tägliche Vorhersage der Luftqualität für Europa („chemische Wettervorhersage“) und besonders belastete Teilgebiete wie Nordrhein-Westfalen. Die Ergebnisse dieser Prognosen stehen der Öffentlichkeit im Internet zur Verfügung (www.riu.uni-koeln.de).

Mit Emissionsprojektionen für zukünftige Jahre wird auf der Grundlage der Modellrechnungen mit EURAD flächendeckend die zu erwartende zukünftige Luftqualität

berechnet. Die Modellierung atmosphärischer Partikel spielt dabei eine besondere Rolle. Auf der Basis der numerisch simulierten Werte kann die jährliche Belastung durch PM_{10} , aber auch durch $PM_{2.5}$ oder PM_1 ermittelt werden. Die Bildung sekundärer Partikel aus gasförmigen Vorläufersubstanzen wird in dem Modell berücksichtigt. Teilchenzahldichten und –oberflächen werden ebenfalls im Modell erfasst, ebenso gasförmige Vorläufersubstanzen, aus denen sich in der Atmosphäre Partikel bilden können („sekundäre Partikel“).

Die Ergebnisse der Modellrechnungen werden im Hinblick auf die in den Tochterrichtlinien 1999/30/EG, 2000/69/EG und 2002/03/EG vorgegebenen Grenz- und Schwellenwerte, insbesondere für PM_{10} , NO_2 und Ozon, flächendeckend für das ganze Jahr ausgewertet. Darüber hinaus werden auch die Ergebnisse für $PM_{2.5}$, PM_1 , Teilchenanzahl, NO_x , NH_3 , O_3 , SO_2 , CO und Benzol betrachtet und ausgewertet. Durch die flächenhafte Überdeckung der Modellergebnisse ist auch eine Erfassung derjenigen Gebiete möglich, die durch Messungen nur teilweise berücksichtigt werden können.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

In naher Zukunft ist ein verstärkter Einsatz des Modells im Bereich der Verursacheranalyse geplant. Dabei werden die Feinstaubkonzentrationen für verschiedene Emissionsszenarien berechnet. Ziel ist es, den Einfluss lokaler und überregionaler Quellen, teilweise aufgeschlüsselt nach Verursachergruppen, auf die Feinstaubverteilung in Nordrhein-Westfalen zu quantifizieren. Auch soll die Bedeutung von Nordrhein-Westfalen als Quellregion im europäischen Raum besser erfasst werden.

Spezielle meteorologische Bedingungen, die sich von Jahr zu Jahr ändern können, tragen zu einer interannuellen Variabilität der Luftqualität bei. Bei Ozon ist dies vor allem durch die extreme Hitzewelle im August 2003 deutlich geworden. Aber auch die Feinstaubkonzentrationen können bei einer Häufung von austauscharmen Wetterlagen in Herbst und Winter deutlich ansteigen. Sie tragen dann maßgeblich zur Überschreitungshäufigkeit von Grenzwerten bei, besonders beim 24-Stunden-Grenzwert des PM_{10} . In zunehmendem Maß werden deshalb auch Untersuchungen zur interannuellen Variabilität der Luftqualität, die auf meteorologische Einflüsse zurückgehen, durchgeführt. Eine bessere Kenntnis der Auswirkungen von meteorologischen Faktoren auf die Luftqualität kann auch zu einem besseren Verständnis möglicher zukünftiger Klimaänderungen auf die Luftqualität beitragen.

Angestrebt wird eine bessere Einbeziehung von Feinststäuben und ultrafeinen Partikeln. Bisher liegen in diesem Bereich relativ wenige Messungen vor, die eine Bewertung der Modellergebnisse ermöglichen würden.

Bei zukünftigen Arbeiten und Themenschwerpunkten soll ein Modellsystem eingesetzt werden, das die hemisphärische/globale Skala einbezieht und besonders Vegetationsfeuer und Staubstürme einbezieht. Als Ziel wird dabei die möglichst vollständige Einbindung der globalen Skala angestrebt. Dies geschieht vor dem Hintergrund möglicher Folgen von Klimaänderungen auf die Luftqualität, die dann besser erfasst werden können.

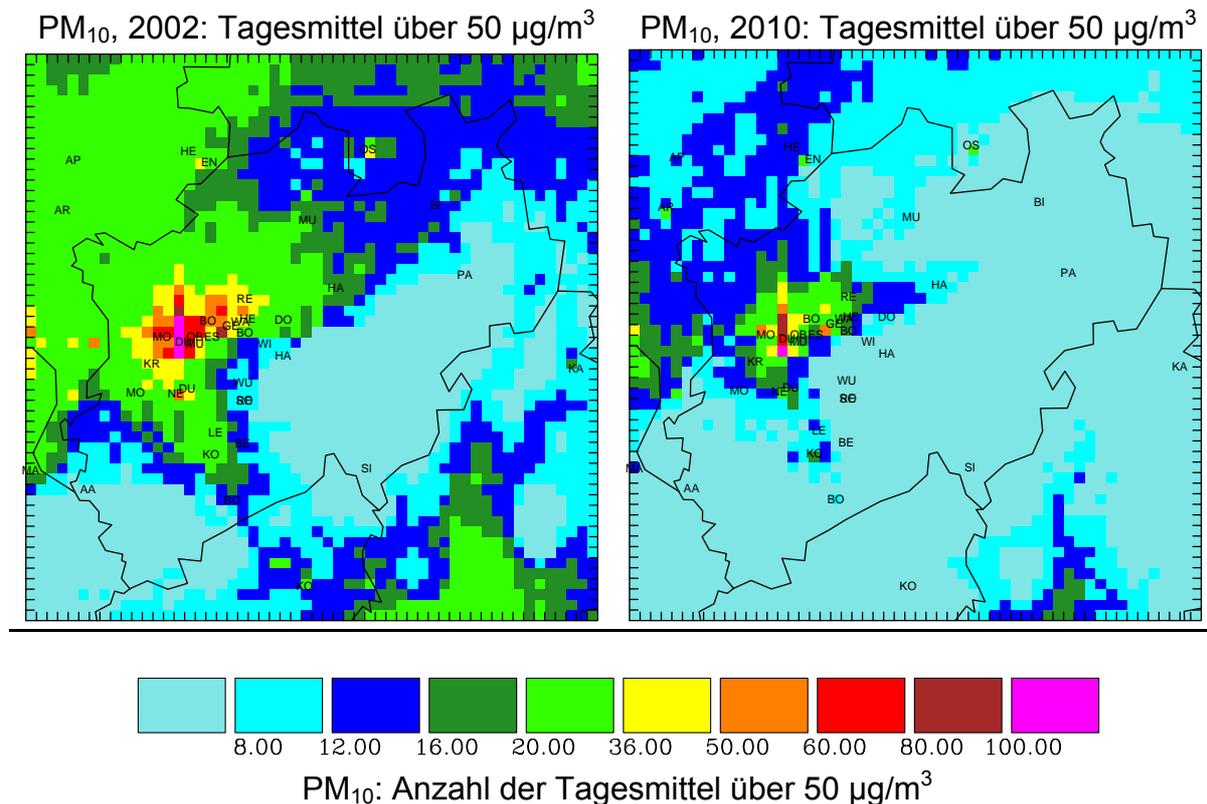


Abbildung: Anzahl der Tage mit einem Mittelwert von mehr als 50 µg/m³ für das Jahr 2002 (links) und für das Jahr 2010 (rechts, mit Emissionsprojektion auf 2010, auf der Basis von Modellrechnungen mit EURAD)

Referenzen/Veröffentlichungen

Memmesheimer, M., E. Friese, A. Ebel, H. J. Jakobs, H. Feldmann, C. Kessler, G. Piekorz, Long-term simulations of particulate matter in Europe on different scales using sequential nesting of a regional model, International Journal for Environment and Pollution, 22, 108 - 132, 2004.

Memmesheimer, M., H. Feldmann, C. Kessler, E. Friese, H.J. Jakobs, G. Piekorz, A. Ebel: Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Luftqualität in NRW mit einem komplexen Aerosol-Chemie-Transport-Modell: Bewertung und Maßnahmenplanung bis zum Jahr 2010. Abschlußbericht zum FuE-Vorhaben ATLANTIS, 540 Seiten, Rheinisches Institut für Umweltforschung an der Universität zu Köln (RIU), im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, November 2006.

Memmesheimer, M., S. Wurzler, E. Friese, H.J. Jakobs, H. Feldmann, A. Ebel, C. Kessler, J. Geiger, U. Hartmann, A. Brandt, U. Pfeffer, H.P. Dorn: Long-term simulations of photo-oxidants and particulate matter over Europe with emphasis on NorthRhine-Westphalia. In: Air Pollution Modeling and its Application XVIII, Eds.: C. Borrego, E. Renner, 158 – 167, Elsevier, 2007.

Modellierung in verschiedenen Skalen



Ansprechpartner: Dr.-Ing. St. Haep
Bereichsname: Luftreinhaltung und
Prozessaerosole
Universitäts-/Institutsname: Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.
Adresse: Bliersheimer Str. 60, 47229 Duisburg
Tel./Fax: 02065 418-267/ -211
E-mail: haep@iuta.de
Internetadresse: www.iuta.de

Einführung

Bei Fragestellungen zu luftgetragenen Schadstoffen kommen unterschiedliche numerische Modelle zum Einsatz. Zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen stehen Gauß- und Lagrange-Modelle zur Verfügung; Aerosoldynamische Prozesse werden mit numerischen Strömungssimulationsprogrammen berechnet. Im Bereich der Berechnung von Schadstoffausbreitungen in der Atmosphäre finden u. a. das Programm AUSTAL2000, als Referenzmodell der TA Luft und für Untersuchungen bebauten Geländes das Programm MISKAM Verwendung. Zur Untersuchung von Aerosol- oder Nanopartikelphänomenen wird das Programmpaket FLUENT mit dem Fine Particle Model (FPM) als Ergänzungstool eingesetzt.

Die Modellierung stellt ein wertvolles Instrument bei der Quantifizierung messtechnisch nicht in ausreichendem Umfang zugänglicher technischer Prozesse dar. Darüber hinaus wird durch den Einsatz von geeigneten Berechnungsmodellen eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung von Ergebnissen ermöglicht, die in dieser Flexibilität nicht durch messtechnische Untersuchungen möglich ist. Mittels dieser Instrumente lassen sich sowohl atmosphärische Prozesse abbilden als auch Strömungen in technischen Aggregaten, Baueinheiten und Räumlichkeiten dynamisch untersuchen.

Forschungsarbeiten

Arbeiten von IUTA umfassen sowohl die Weiterentwicklung der Programme und Modelle als auch die Nutzung der Modellierungs-Software als Hilfsmittel bei der Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen der Luftreinhaltung. Diese Arbeiten werden z. T. auch in Kooperation mit Partnern wie dem Institut für Troposphärenforschung (IfT) in Leipzig durchgeführt. Themengebiete umfassen:

- Untersuchungen zur Größen- und Anzahländerung von Partikeln im Kamin und im Nahbereich gefasster Quellen
- Einfluss der Partikel-Deposition bei Ausbreitungsrechnungen

- Nanopartikel am Arbeitsplatz
- Emissions-Quellstärkenbestimmung für diffuse Emissionen (Schüttgut-Umschlag und Lagerung)
- Optimierung der Abscheidecharakteristik und Strömungsführung mittels Strömungssimulation bei der Messgeräteentwicklung
- Untersuchung der Feinstpartikelabscheidung bei Hochtemperaturprozessen, z. B. bei der Druckkohlenstaubfeuerung (DKSF)

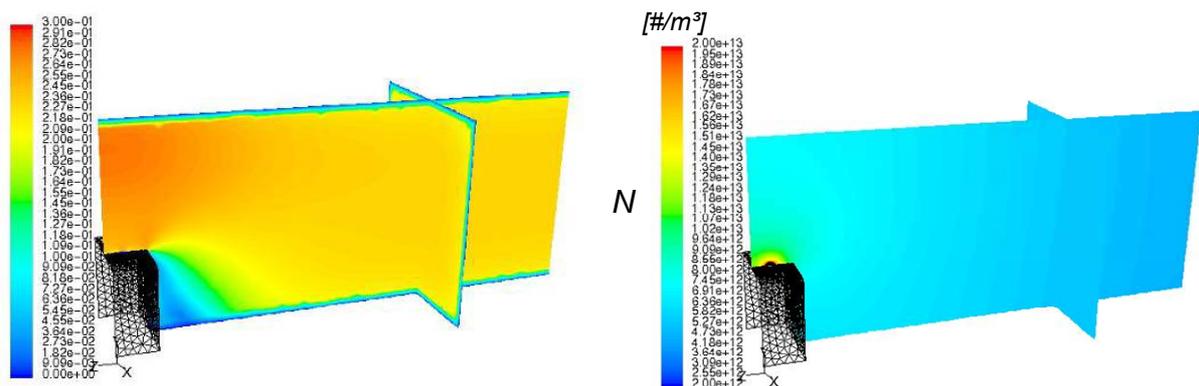


Abbildung: Strömungsgeschwindigkeit und Partikelanzahlkonzentration an einem Schweißarbeitsplatz (Asbach et al., 2007).

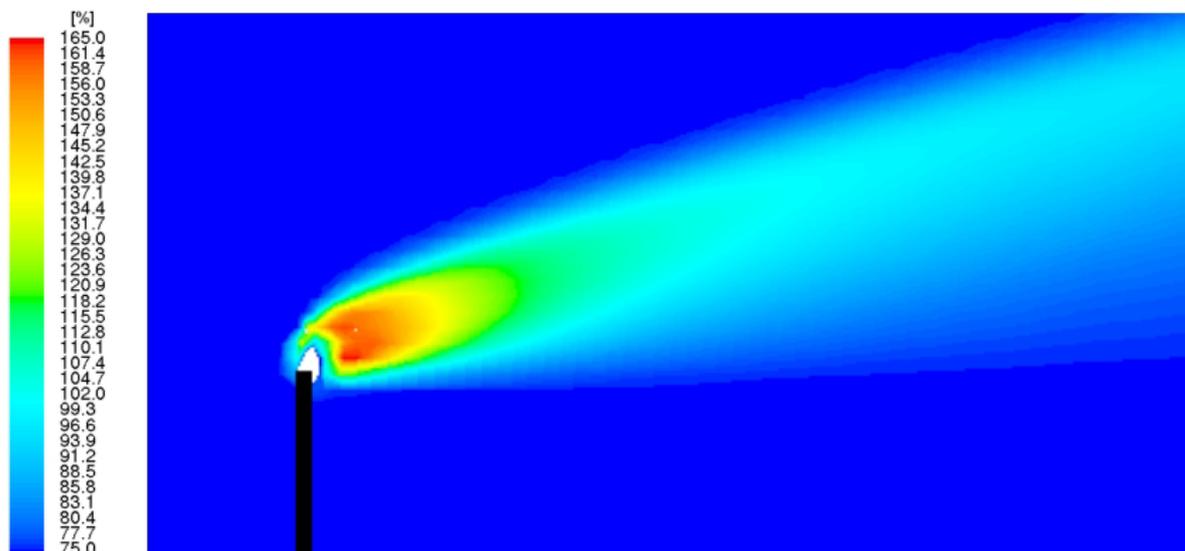


Abbildung: Relative Feuchte im Nahbereich des Kraftwerkkamins zur Beurteilung des Partikelwachstums und der Depositionsraten (Engelke et al., 2007).

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

Forschungsschwerpunkte in der näheren Zukunft liegen insbesondere in folgenden Bereichen, die auch in Kooperation mit anderen Instituten bearbeitet werden sollen:

- Räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Untersuchung der Partikeldynamik ultrafeiner Partikel an Arbeitsplätzen
- Einsatz der Ausbreitungsmodellierung bei der Methodenevaluierung zur Quellstärkenbestimmung diffuser Quellen
- Feinstpartikelabscheidung unter Nutzung aktiver und passiver Potentialfelder
- Unterstützung bei der Messgeräteentwicklung

Referenzen/Veröffentlichungen

- Hugo, A., D. Jarzyna, M. Beyer, T. Kuhlbusch; Results on dispersion modelling of fugitive dust emissions using different dispersion models. Proceedings 7th Intern. Conf. on Emission Monitoring (CEM 2006), Paris, France, 2006.
- Hugo, A., M. Beyer, D. Jarzyna, T.A.J. Kuhlbusch; U. Quass: Fugitive dust emission calculation based on reverse dispersion modelling by use of measurements and two different dispersion models. DustConf 2007, Maastricht, The Netherlands, 2007.
- Hugo, A. D. Jarzyna, M. Beyer, T.A.J. Kuhlbusch, Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung aus diffusen Quellen unter Verwendung verschiedener Ausbreitungsmodelle, VDI-Bericht 1953 „Diffuse Emissionen“, Beuth-Verlag, Düsseldorf, 35-46, 2006.
- Engelke, T., A. Hugo, F. Schmidt, E. Renner, R. Wolke, J. Zoboki: Results on Modelling and Measurements on particle number concentrations and size in and near stack. In: Air Pollution Modelling and Its Application XVIII., pp 621-630; Elsevier, ISBN 978-0-0444-52987-9, Amsterdam, 2007
- Untersuchung zur Größen- und Anzahländerung von Partikeln im Kamin und im Nahbereich gefasster Quellen (IGF-Vorhaben 13871); 2003-2005.
- Entwicklung von datenbankgestützten Modulen zur Berücksichtigung der Feinstaubausbreitung und Deposition bei Ausbreitungsmodellen (IGF-Vorhaben 12995), 2001-2003.
- Untersuchung des Einflusses keramischer Dielektrika bei der Entwicklung einer elektrostatischen Feinstpartikelabscheidung für den Kombi-Kraftwerksprozess mit Druckkohlenstaubfeuerung (DKSF) (IGF-Vorhaben 149Z), 2004-2006.
- Einfluss von Ladungseffekten bei Nanopartikeln in Hochtemperaturverfahren (IGF-Vorhaben 14720N), 2006-2008.
- Asbach, C., H. Kaminski, U. Rating, H. Fissan, T.A.J. Kuhlbusch, Modelling of Workplace Nanoparticle Exposure, Abstract EAC 2007, Salzburg, Austria, 2007.

PM10, PM2.5 und Maßnahmen

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Ansprechpartner: Dr. Sabine Wurzler

Bereichsname: Abt. 4: Luftqualität, Geräusche, Erschütterungen,
Strahlenschutz

Universitäts-/Institutsname: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
NRW

Adresse: Postfach 101052, 45610 Recklinghausen

Telefon/Fax: 0201-7995-1313 / -1575

E-Mail: sabine.wurzler@lanuv.nrw.de

Internetadresse: www.lanuv.nrw.de

Einführung

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) ist als Landesoberbehörde wissenschaftlicher Berater der Landesregierung, unterstützt die Behörden des Landes beim Vollzug der Umweltgesetzgebung und informiert die Öffentlichkeit über Daten und Fragen des Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutzes. Unter anderem betreibt das LANUV das Umweltmonitoring für NRW und unterhält dazu landesweite Messnetze, zum Beispiel das Luftqualitäts-Messnetz (LUQS). Das Emissionskataster NRW sowie die darauf aufbauenden Modellrechnungen im kleinskaligen Raster von Straßenschluchten bis hin zu flächendeckenden Modellierungen sind weitere wichtige Elemente der zentralen Beurteilung der Luftqualität. Das LANUV schafft somit die Datengrundlage für Luftreinhaltepläne.

Themenschwerpunkte auf dem Gebiet der Feinstaubforschung (Bereich Maßnahmen)

Das LANUV führt derzeit Arbeiten für eine Vielzahl von Luftreinhalte- und Aktionsplänen durch. Ein wichtiger Aspekt der Luftreinhalteplanung sind die Maßnahmen, anhand derer die Luftqualität verbessert werden soll. In den meisten Fällen orientiert sich die Maßnahmenplanung an der Ursachenanalyse. Ein Hauptproblem für die Luftreinhalteplanung ist die Anzahl von Überschreitungstagen bei Feinstaub (PM10). Bei der Maßnahmenplanung wird im Vorfeld häufig anhand von Modellrechnungen überprüft, ob die Maßnahme erfolgreich bezüglich der damit verbundenen Absenkung der PM10-Immissionen sein könnte. So wurde zum Beispiel für Wuppertal berechnet, wie sich die PM10-Jahresmittelwerte verändern würden, wenn nur noch Fahrzeuge bestimmter Schadstoffklassen im Innenstadtbereich fahren dürften. Des Weiteren wird nach Durchführung von Maßnahmen durch Messungen überprüft, ob

die Maßnahmen erfolgreich waren. Duisburg Bruckhausen ist ein sehr eindruckvolles Beispiel dafür, wie anhand von Maßnahmen signifikante Minderungen in der PM10-Immissionsbelastung erreicht werden können.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Wichtige Grundaufgaben des LANUV wie die flächendeckende Beurteilung der Luftqualität im Hinblick auf PM10 und PM2.5, die Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten und die Luftreinhalteplanung werden fortgeführt. Dazu treten folgende Projekte:

- PM2.5: Erfahrung sammeln bzgl. Emissionen/Messung/Modellierung/Ursachenanalyse
- Umweltzonen und deren Wirksamkeit (z.B. Ruhrgebiet)
- Auswirkungen von Maßnahmen lokal und großräumig

Referenzen/Veröffentlichungen

Diese Arbeiten sind unter anderem in eine Vielzahl von Luftreinhalteplänen und Aktionsplänen eingeflossen. Diese finden Sie unter:

<http://www.env-it.de/luftdaten/download/public/html/Luftreinhalteplaene/uballl.htm>
bei Nordrhein-Westfalen.

Traceranalytik und Traceranwendungen für Feinstaub



Ansprechpartner: Prof. Dr. Alfred V. Hirner, Drs. Margareta und Martin Sulkowski
Bereichsname: Institut für Umweltanalytik
Institution: Universität Duisburg Essen
Adresse: Universitätsstraße 3-5
45141 Essen
Tel./Fax: 0201 1833949 / -3951
E-mail: alfred.hirner@uni-due.de
margareta.sulkowski@uni-due.de
martin.sulkowski@uni-due.de
Internetadresse: www.uni-essen.de/umweltanalytik/umweltanalytik/startseite/umweltanalytik.html

Anorganische und organische Verbindungen in Feinstaub-Filterproben sind nicht nur eine notwendige Grundlage für eine toxikologische Bewertung von Stäuben, sondern können auch wertvolle Hinweise zu deren Herkunft liefern (z.B. aus Verbrennungsprozessen oder Reifenabrieb).

Zu den zuletzt genannten „Tracern“ zählen nicht nur bestimmte Metalle und ihre Mengenverhältnisse zueinander, sondern auch ausgewählte Gruppen organischer Verbindungen und ihre Verteilungsmuster (z.B. PAK). Bei Untersuchungen zur Staubbelastung ist es notwendig neben dem Freiluftraum auch die Innenraumbelastung zu erfassen (Sulkowski et al. 2002).

Anorganische Spezies

Zur nachweisstarken Metallgehaltsbestimmung mittels leistungsfähiger Multielementmethoden wie der Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS) werden die Filterproben üblicherweise mit HF/HNO₃ aufgeschlossen und die Flusssäure anschließend mit Borsäure entfernt. In unseren Laboratorien wurde hierzu eine Methode entwickelt, bei der die Flusssäure nach dem Mikrowellenaufschluss mittels einer Mikrovap Teflon-Absaugeinheit abgeraucht und der Analyt in suprapurer HCl und Reinstwasser aufgenommen wird. So werden Verunreinigungen der Borsäure und hohe Salzfrachten vermieden. Zur Minimierung isobarer Störungen durch leichte Elemente wird ein ICP-MS mit Kollisionszelle eingesetzt. Durch die beschriebenen Maßnahmen werden deutlich niedrigere Nachweisgrenzen erreicht.

In Zukunft ist beabsichtigt, die Metallanalyse neben der ICP-MS auch mit der Totalreflexions-Röntgenfluoreszenzanalyse (TRFA) sowie der Graphite furnace Atomabsorptionsspektroskopie (GF-AAS) durchzuführen. Hierdurch sollen für die einzelnen Elemente optimale Nachweisgrenzen erreicht und zur Qualitätskontrolle eine Vergleichende Analytik etabliert werden.

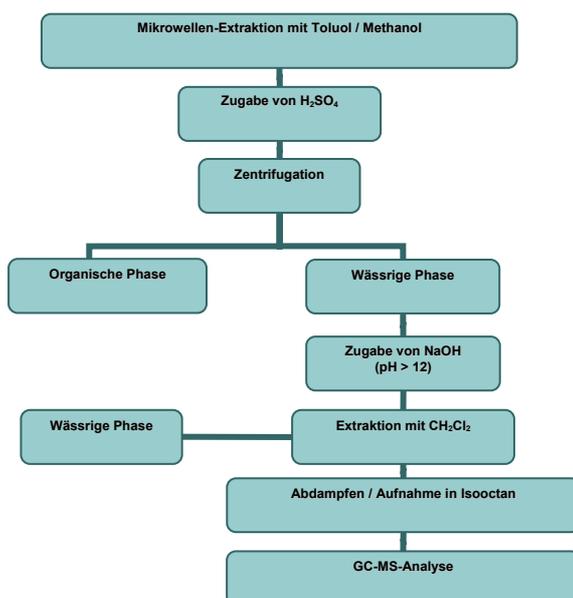
An dieser Stelle soll noch erwähnt werden, dass bei Vorliegen größerer Staubmengen an unserem Institut auch Methoden zur Elementbestimmung mittels Röntgenfluoreszenzspektrometrie und zur Elementspezifizierung mittels sequentieller Extraktion entwickelt wurden (Sulkowski et al. 1996, Sulkowski und Hirner 2006).

Ionische Spezies

Zur Bestimmung von ionischen Spezies wie Chlorid, Fluorid, Bromid, Nitrat, Nitrit, Sulfat oder Phosphat ist eine Extraktion mit anschließender Ionenchromatographie (IC) notwendig. Neben dem Ammonium lassen sich auch Litium, Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium mittels der Ionenchromatographie bestimmen. Aus der Differenz der ermittelten Gehalte der Ionenchromatographie und der anderen Methoden kann auf den leicht löslichen Anteil geschlossen werden.

Organische Spezies

Der Nachweis organischer Spezies, welche als Tracer genutzt werden können, ist nur nach einer aufwändigen Extraktion möglich. Nach unseren Erfahrungen können in der Literatur vorgeschlagene organische Tracer wie N-Cyclohexyl-2-benzothiazolamin (NCBA) oder 2-(4-Morpholinyl)benzothiazol (MoBT) in Feinstaubproben nur in unzureichendem Maße nachgewiesen werden. So wurden wir bei Untersuchungen an 30 PKW-Reifenproben auf NCBA nur in sechs Fällen fündig, wohingegen andere Verbindungen wie Anilin, Benzthiazole, Cyclohexanamine oder Pyrrolidine in 25 bis 30 Fällen nachweisbar waren. Auf diesem Gebiet muss daher noch ein gewaltiger Forschungsbedarf diagnostiziert werden. Unter anderem müssen die bisher von uns ermittelten Verbindungen weiter auf ihre Tauglichkeit als Tracer für Reifenabrieb getestet werden und es muss geklärt werden, in wie weit sich diese Marker gleichermaßen als Tracer für PKW- bzw. LKW-Reifen eignen.



Weitere Spezies

Wenngleich an Staub- und insbesondere Feinstaubproben noch kaum eingesetzt, erscheinen in diesem Zusammenhang auch anderweitige Spezies hochinteressant: An unserem Institut sind hierzu die Verteilung stabiler Isotope als Tracer (AG Prof. Schmidt) und metall(oid)organische Verbindungen zu nennen (AG Prof. Hirner). Die letztgenannten Verbindungen zeichnen sich in der Umwelt durch besonders hohe Mobilität und Toxizität aus (Dopp et al. 2004).

Literatur

Dopp E., Hartmann L.M., Florea A.M., Rettenmeier A.W., Hirner A.V. (2004) Crit Rev Toxicol 34,301

Sulkowski M., Hirner A.V. (2006) Appl. Geochem 21, 16

Sulkowski M., Sulkowski M., Hirner A.V. (2002) Immissionsschutz 4, 126

Sulkowski M., Sulkowski M., Hirner A.V. (1996) X-Ray Spectrom 25, 83

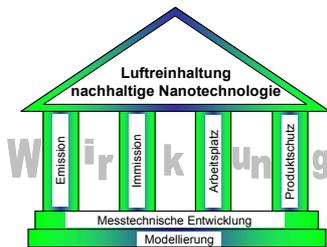
Partikelmesstechnik

Ansprechpartner: Dr. Ulrich Quass
Bereichsname: Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie
Universitäts-/Institutsname: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.
Adresse: Bliersheimer Str. 60, 47229 Duisburg
Tel./Fax: 02065 418-214/ -211
E-mail: Quass@iuta.de
Internetadresse: www.iuta.de



Einführung

Wissenschaftliche Schwerpunkte des IUTA e.V. sind neben energietechnischen Aspekten Umwelt- und umwelttechnische Fragestellungen von luftgetragenen Schadstoffen. Letztere umfassen Gase, Moleküle, Nanopartikel bis hin zu Aerosolen. Im IUTA werden Forschungsarbeiten zum Feinstaub in drei Bereichen durchgeführt: Luftreinhaltung und Prozessaerosole (Aerosole in und aus industriellen Prozessen), Luftreinhaltung und Filtration (Filtration von Luft zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen, z. B. Auto) und Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie.



Im Bereich der „Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie“ des IUTA befassen sich die Arbeitsgebiete Emission, Immission, Modellierung und messtechnische Entwicklung mit Feinstaubforschung. Hierbei legen die Modellierung und messtechnischen Entwicklungen (dieser Beitrag) die Basis für die Arbeiten im Bereich der Immission (siehe Beitrag von Herrn Dr. Kuhlbusch) und der Emission (siehe Beitrag Frau Dr. John).

Die Forschungsarbeiten zur Messtechnik wurden bis zur Emeritierung von Herrn Prof. Fissan in enger Zusammenarbeit mit der „Prozess- und Aerosolmesstechnik“ der Universität Duisburg-Essen durchgeführt und befassten sich mit der Entwicklung von Messgeräten und –methoden zur Bestimmung

- von Partikelanzahlgrößenverteilungen (z. B. DMAs),
- von PM_x-Massenkonzentrationen (z.B. Impaktoren, Zyclone),
- der korngößenabhängigen chemischen Zusammensetzung (z.B. Kaskadenimpaktor/TRFA),
- von Partikelreaktivitäten (ESR, mit luF-Düsseldorf),
- von Einzelpartikelmorphologie und –chemie (z.B. NAS),

- sowie der Evaluierung und Standardisierung (z. B. Johnas, VDI 2066, Blatt 10, DIN EN ISO 23210-1 Entwurf)

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

Für die nähere Zukunft sehen wir Forschungsschwerpunkte zu folgenden Themen, die gerne auch in Kooperation mit anderen Instituten bearbeiten werden:

- Bestimmung der submikronen lungendeponierten Partikeloberfläche

Neben der Partikelanzahlkonzentration wird zurzeit auch die Partikeloberfläche als ein möglicherweise relevanter Partikelparameter diskutiert. Aus diesem Grunde ist es wünschenswert, einen tragbaren/mobilen Monitor zu entwickeln, der die Partikeloberfläche oder sogar die lungendeponierte Oberflächenkonzentrationen bestimmt. Anschließend kann dieses Messverfahren in epidemiologischen Studien eingesetzt werden und die gesundheitliche Bedeutung dieser Aerosoleigenschaft beurteilt werden.

- Quasi-online Bestimmung der Kapazität von PM, radikalische Sauerstoffspezies zu produzieren

Insbesondere inflamatorische Effekte werden zurzeit als ein Wirkmechanismus von Staub im Bereich der gesundheitlichen Auswirkungen untersucht. Die quasi-online Bestimmung der Kapazität von Partikeln, radikalische Sauerstoffspezies zu produzieren, ermöglicht eine direkte Bestimmung dieses Potenzials und anschließende Kopplung mit der Effektforschung.

- Personengetragener Nanopartikel-Expositions-Monitor

Im Rahmen der zurzeit geführten Diskussion über evtl. relevante Partikelmetriken ist es notwendig, Messgeräte zu entwickeln, die die Bestimmung der persönlichen Exposition ermöglichen. Arbeiten hierzu sind nicht nur für Arbeitsplatz-expositionsbeurteilungen von Interesse.

- PartikelEmissionsPotenzial (PEP)-Messsystem für geführte Quellen

Emissionsmessungen werden zurzeit hauptsächlich in geführten Quellen durchgeführt. Die Partikelgrößenverteilungen und die chemische Zusammensetzung, die dort gemessen werden, können sich in der ersten Durchmischungsphase nach den Emissionen stark ändern. Diese Änderungen werden in den jetzigen Betrachtungen nicht berücksichtigt, d.h. messtechnisch nicht erfasst und von den Ausbreitungsmodellen nicht simuliert.

Referenzen/Veröffentlichungen

- Shi, T.; Schins, R.P.F.; Knaapen, Ad M.; Kuhlbusch, T.A.J.; Pitz, M.; Heinrich, J.; Borm, P.J.A., Hydroxyl radical generation by electron paramagnetic resonance as a new method to monitor ambient particulate matter composition, *J. Environ. Monit.* 5, 550-556, 2003.
- John, A.C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H.; Geueke, K.-J.; Bröker, G., Development of a PM10/PM2.5 cascade impactor for in-stack measurements, *J. Aerosol Sci.*, 32, S1, S967-968, 2001.
- John, A.C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H.; Schmidt, K.-G., Size-fractionated Sampling and chemical analysis by Total-Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry of size-fractionated ambient aerosols and emissions, *Spectrochimica Acta Part B*, 56, 11, 2137-2146, 2001
- John, A.C.; Kuhlbusch, T.A.J.; Fissan, H.; Bröker, G.; Geueke, K.-J., Development of a PM10/PM2.5 Cascade impactor and in-stack measurements, *Aerosol Sci. & Techn.* 37, 694-702, 2003.
- John, A.C., Pobenahme und chemische Analytik von korngrößengraktionierten Immissions- und Emissionsaerosolen, Dissertation, Universität Duisburg, 15.03.2002
- Engelke, T., A. Hugo, F. Schmidt, E. Renner, R. Wolke, J. Zoboki: Results on Modelling and Measurements on particle number concentrations and size in and near stack. In: *Air Pollution Modelling and Its Application XVIII.*, pp621-630; Elsevier, ISBN 978-0-0444-52987-9, Amsterdam 2007.

Charakterisierung von Rußaerosolen mittels Raman-Spektroskopie (Raman Soot Spectrometer RASOS)

Dipl.-Ing K. Nalpantidis*, Prof. Dr. techn. Gustav Schweiger
Universität Bochum, Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik und Messsysteme



Um Feinstaubkonzentration aus der Umgebung zu bestimmen, werden meist Filtermaterialien verwendet, die für eine Abscheidung der Partikel aus dem Aerosol sorgen. Die Feinstaubquellen sind unterschiedlichen Ursprungs und weisen neben Hauptbestandteilen an Ammonium, Sulfat und Nitrat auch Anteile an organischen Kohlenstoffverbindungen (OC) und elementaren Kohlenstoffverbindungen (EC) auf [1]. Die qualitative und quantitative Bestimmung der Feststoffanteile im Aerosol ist überaus wichtig, z.B. für die Entwicklung realitätsnaher Klimamodelle und zum Nachweis gesundheitsschädigender Schadstoffe.

Am Lehrstuhl Laseranwendungstechnik und Messsysteme (Fakultät Maschinenbau, Universität Bochum) wurde ein Raman-Spektrometer entwickelt, mit dem man Rußkonzentrationen in der Atmosphäre bestimmen kann. Das Aerosol wird dazu zunächst mit Hilfe einer Pumpe aus der Umgebung abgesaugt und auf einem Metallfaserfilter abgeschieden. Der belegte Metallfilter wird anschließend automatisch in die Auswertestation transferiert, wo der Filter mit einem Diodenlaser beleuchtet wird. Das dabei entstehende Ramanstreulicht wird mit einem Monochromator ausgefiltert und mit einer geeigneten Detektoreinheit registriert und elektronisch ausgewertet. In der Abbildung 1 ist ein typisches Ramanspektrum von einem mit Ruß beladenen Filter dargestellt. Da das Ramanspektrum des Rußes sich charakteristisch vom übrigen Feinstaub unterscheidet, ist es möglich, die Belegung des Filters mit elementarem Kohlenstoff eindeutig nachzuweisen. Zur quantitativen Analyse wurden die Ramanspektren mit gravimetrischen Messungen des am Filter abgeschiedenen Rußes verglichen.

Um auch den Einfluss verschiedener Größenverteilungen zu erfassen, wurden verschiedene Rußquellen (Propangasbrenner und Petroleumlampe) verwendet. Abbildung 2 zeigt den linearen Zusammenhang des Ramansignals in Abhängigkeit zu der abgeschiedenen Masse auf dem Filter. Erfolgt eine mehrschichtige Ablagerung der Rußpartikel (Filterkuchen), trifft der zuvor ermittelte lineare Zusammenhang jedoch nicht mehr zu. Die genaue Charakterisierung des Abscheideverhaltens der verwendeten Filter für variierende Filterflächenbelastungen und Partikelgrößenverteilungen gelang mit Hilfe eines SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) und verschiedenen Rußquellen.

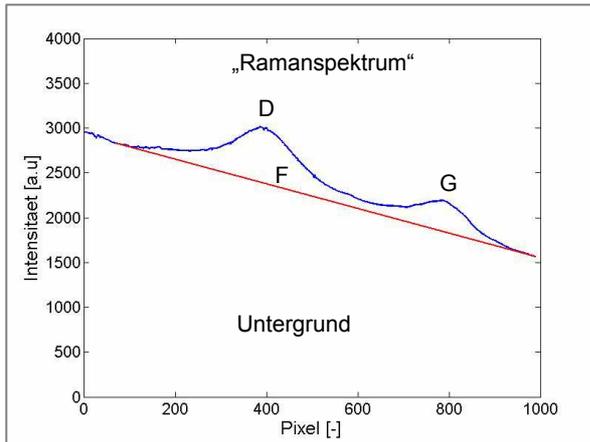


Abbildung 1: Typisches Ramanspektrum von Ruß

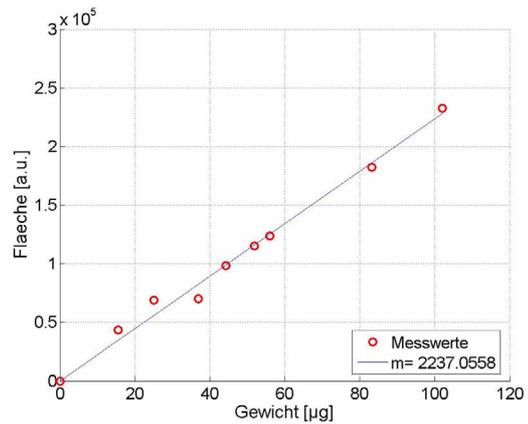


Abbildung 2: Gravimetrische Kalibrierung der Ramanspektren



Abbildung 3: Messstation an der Brackeler Strasse

Derzeit werden Feldversuche durchgeführt. Die mobile Raman-Messstation RASOS ist gegenwärtig an der Brackeler Strasse in Dortmund aufgebaut und bestimmt im Stundentakt die Rußkonzentration in der Umgebungsluft. Die einzelnen Filter werden dazu jeweils 15-50 min lang belegt und anschließend spektroskopisch analysiert. Die relativ kurze Messzeit erlaubt die Untersuchung tageszeitbedingter Fluktuationen des Rußanteils.

Geplant ist weiterhin der Einbau des Raman-Spektrometers an der Messstation Steinstrasse in Dortmund. Hierbei sollen parallel zu dem spektroskopischen Zugang auch Messungen nach Referenzsystemen vorgenommen werden. Dazu eignet sich z.B. die chemisch analytische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs [2].

Literatur

[1] Dr. U. Quass, Dr. T. Kuhlbusch, Dr. M. Koch, Identifizierung von Quellgruppen für die Feinstaubfraktion, IUTA-Report Nr. LP 15/2004

[2] VDI-Richtlinie 2465, Blatt 1 (1993) Messen von Ruß (Immission) - Chemisch-analytische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs nach Extraktion und Thermodesorption des organischen Kohlenstoffs.

Feinstaub Entstehung, Charakterisierung, Minderung und Abscheidung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Schmidt
FB D, Sicherheitstechnik/Umweltschutz
Bergische Universität Wuppertal
Rainer-Gruenter-Str. Geb. FF, 42119 Wuppertal
Tel.: 0202/439-2389 / Fax.: -3957
E-Mail: eberhard@uni-wuppertal.de
www.uws.uni-wuppertal.de



Einführung

Die Partikeltechnologie ist das Gebiet, auf welchem sich die meisten Forschungsprojekte des Fachgebietes Sicherheitstechnik/Umweltschutz bewegen. Fragestellungen zur Entstehung, Charakterisierung, Minderung und Abscheidung von Feinstaub stellen dabei einen Schwerpunkt dar.

Aktuelle und zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Die Handhabung von pulverförmigen Wertstoffen, die Wiederaufwirbelung von Partikelablagerungen, die Dosierung und Dispergierung von Pulvern in Luft sowie die Bildung nanoskaliger Residuen bei der Verdunstung Tropfen sind Beispiele für Projekte aus dem Themenbereich „Entstehung von Feinstaub“ (siehe auch Bild 1).



Bild 1: Freisetzung von Feinstaub bei der Handhabung hochwirksamer Substanzen in Apotheken, Staubaufwirbelung bei der Straßenreinigung mit Kehrmaschinen, Ausbringen von Düngemitteln und Bodenverbesserern in der Landwirtschaft, Nanopartikelbildung bei der Nutzung von Haarspray.

Zur „Charakterisierung von Feinstaub“ werden je nach Fragestellung angepasste Messtechniken verwendet; eine Auswahl kann Bild 2 entnommen werden.



Bild 2: Mobilitätsanalysator (SMPS-System) für den Partikelgrößenbereich von 3 nm bis 950 nm, Trägheits- und filternde Abscheider für einatembaren und alveolengängigen Staub, Aerosolspektrometer zur Ermittlung von PM10-, PM2,5- und PM1-Fractionen, Streulichtpartikelgrößenzählanalyator für Partikel von 0,3 bis 40 μm .

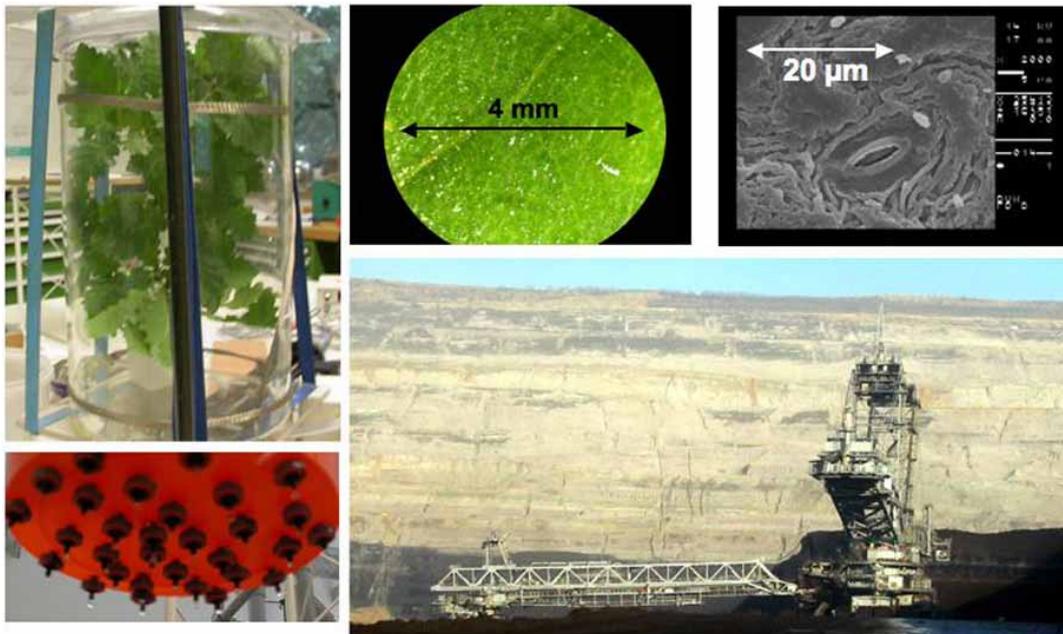


Bild 3: Feinstaubminderung durch gezielte Nutzung von Pflanzen als Kollektoren im Bereich von Straßen, Staubbiederschlagung beim Schüttgutumschlag im Tagebau.

Die „Minderung von Feinstaub“ in der Umwelt als aktive Immissionsschutzmaßnahme ist Gegenstand mehrerer aktueller Forschungsaufgaben (Beispiele siehe Bild 3).

Zur „Abscheidung von Feinstaub“ mit dem Ziel der Emissionsminderung an gefassten resp. geführten Quellen sind filternde Abscheider das Mittel der Wahl. An Anlagen im Labor- und Pilot-Maßstab können Filter von der Klimatechnik bis hin zur Industrienteilstaubung untersucht werden (siehe Bild 4). Im Rohgas wird dabei ein Partikelkonzentrationsbereich von einigen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis hin zu vielen g/m^3 eingeregelt.



Bild 4: Abtrennung von Feinstäuben aus Luft mittels einer Laborfilteranlage (links) und einer Pilotfilteranlage (rechts).

Referenzen/Veröffentlichungen

- E. Schmidt: Abscheidung von Partikeln aus Gasen mit Oberflächenfiltern, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 3 Nr. 546, VDI Verlag, Düsseldorf 1998
- E. Schmidt: Kurz gefasste Grundlagen der Partikelcharakterisierung und Partikelabscheidung, Shaker Verlag, Aachen 2001
- E. Schmidt: Filter, Elektrische Abscheider, Klassieren in Gasen, in: M. Bohnet (Hrsg.), Mechanische Verfahrenstechnik, WILEY-VCH, Weinheim 2004
- J. Sonnenberg, E. Schmidt: Numerical Calculation of London-van der Waals Adhesion Force Distributions for Different Superquadric Shaped Particles, Part. Part. Syst. Charact. 22 (2005) 45 - 51
- F. Hamelmann, E. Schmidt: Freisetzung von Nanopartikeln bei der Handhabung py-rogener Kieselsäuren, GRdL 66 (2006) 11/12, 475 - 476
- E. Schmidt, D. Nitschke: Aufwirbelung von auf Oberflächen abgelagerten Partikelschichten, Chem.-Ing.-Tech., 78 (2006) 5, 525 - 533

- G. Reznik, U. Klenk, E. Schmidt: Untersuchungen zur Staubungsneigung von Braunkohle unterschiedlicher Feuchte, Chem.-Ing.-Tech., 78 (2006) 12, 1885 - 1889
- B. Bach, E. Schmidt: Influence of Leaks in Surface Filters on Particulate Emissions, Filtration, 7(3), 2007, 235 - 239
- S. El-Waraki, E. Schmidt: Gerät zur Charakterisierung des Feinstaubpotenzials von Straßenoberflächen, Chem.-Ing.-Tech., 79 (2007) 8, 1227 - 1228

Kinetische und mechanistische Untersuchungen der Wechselwirkungen von Ultrafeinen-/Nanopartikeln mit Phasengrenzflächen, Membranen und Proteinen



SPP1313

Ansprechpartner: Prof. Dr. Reinhard Zellner, Dipl.-Chem. Lennart Treuel
Bereichsname: Fachbereich Chemie
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhard Zellner
Universität/Institut: Universität Duisburg-Essen, Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Adresse: Universitätsstr. 5, 45141 Essen
Tel./Fax/E-mail: +49 (0)201 183-3073; +49 (0)201 183-4307
reinhard.zellner@uni-due.de; lennart.treuel@uni-due.de
Internetadresse: www.uni-due.de/iptc

Einführung

Die Aufklärung von Wechselwirkungen zwischen Ultrafeinen-/Nanopartikeln und Phasengrenzflächen sowie ihr Verhalten beim Membrantransport werden in der Arbeitsgruppe untersucht. Ein Schwerpunkt der experimentellen Arbeiten liegt auf den Interaktionen zwischen Ultrafeinen-/Nanopartikeln und Proteinen. Diese Arbeiten tragen zu einem insgesamt tieferen Verständnis der fundamentalen Teilschritte während des Interaktionsprozesses zwischen Ultrafeinen-/Nanopartikeln und biologischen Systemen bei. Hierdurch ermöglichen sie es, die Gefährdungspotenziale einzelner Partikelarten besser verstehen und vorhersagen zu können.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

In einer optischen Pinzette werden Lösungströpfchen berührungsfrei gehalten. Diese Tröpfchen können teilweise oder vollständig mit oberflächenaktiven Substanzen beschichtet werden, um den Einfluss der Hydrophobizität auf die Fähigkeit der Nanopartikel zum Durchtritt durch die Phasengrenze zu untersuchen. Die Beobachtung der Aufnahme erfolgt zum einen optisch (NP als Streuzentrum) aber auch spektroskopisch (Fluoreszenzspektroskopie und oberflächenverstärkte Ramanspektroskopie, SERS).

Der SERS-Aufbau ermöglicht die Verwendung einer Vielzahl von chemisch extrem variablen Oberflächen und nanoskaliger Partikel, wobei die aktuellen Arbeiten einen

Schwerpunkt bei Silber-Nanopartikeln von exakt definierter Größe und Form setzen. Neben der Aufnahmekinetik kann bei Silberpartikeln auch die Veränderung in der chemischen Umgebung des Partikels während und nach dem Durchtritt durch die Phasengrenzfläche über das SERS Signal verfolgt werden.

Ein weiterer Aufbau einer optischen Pinzette steht zur Verfügung, um Liposome in Lösung zu fixieren und den Membrantransfer von Nanopartikeln aus dem freien Lösungsraum durch die Liposom-Membran hinein in den Liposomen-Innenraum zu beobachten. Spektroskopische Methoden wie SERS und Fluoreszenzspektroskopie kommen auch hier zur Anwendung und erlauben eine exakte Verfolgung der kinetischen und mechanistischen Teilschritte während des Translokationsprozesses. Ausgewählte Membranproteine können selektiv in die Liposom-Membran integriert werden und ihr Einfluss auf die Transportprozesse von Nanopartikeln geklärt und quantifiziert werden.

Die Kinetik und die Mechanismen der Wechselwirkungen von Nanopartikeln mit Proteinen sind Kernpunkt eines dritten experimentellen Ansatzes. In einer Stopped-Flow Apparatur werden Proteine und Nanopartikel in Lösung innerhalb von Millisekunden gemischt. Die dann resultierenden Wechselwirkungen werden mit einer Reihe spektroskopischer Methoden (Raman-Spektroskopie, SERS, IR-Spektroskopie, Resonance Energy Transfer (RET), CD Spektroskopie) untersucht. Hier kann mit einer Vielzahl von Proteinen und Nanopartikeln eine große chemische Variabilität in den Eigenschaften erzielt werden. Auch die strukturelle Integrität der Proteine vor, während und nach dem Interaktionsprozess kann spektroskopisch verfolgt werden.

Ultrafeinstäube und Gesundheit. Wirkungen, Exposition und Charakterisierung am Beispiel eines urbanen Agglomerationsraumes



Ansprechpartner: Prof. Dr. Reinhard Zellner
Bereichsname: Zentrum für Mikroskalige Umweltsysteme, ZMU
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhard Zellner
Universität/Institut: Universität Duisburg-Essen, Zentrum für Mikroskalige Umweltsysteme, ZMU
Adresse: Universitätsstr. 5, 45141 Essen
Tel./Fax/E-mail: +49 (0)201 183-3073; +49 (0)201 183-4307
reinhard.zellner@uni-due.de; zmu@uni-due.de
Internetadresse: www.uni-due.de/zmu

Einführung

Die bislang bereits erreichte Verringerung der Staubbelastungen ist aufgrund der existierenden gesetzlichen Vorschriften ausschließlich mengenbezogen und hauptsächlich auf die Verminderung der gröberen Staubfraktionen (PM₁₀, PM_{2.5}) zurückzuführen. Die Fraktion der ultrafeinen Partikel (UFPs) mit einem Durchmesser <0,1 µm hat sich dagegen vermutlich sogar vergrößert. Obwohl UFPs zur Gesamtstaubmasse nur unwesentlich beitragen, ist ihr Anteil an der Teilchenzahlkonzentration sowie auch an der Gesamtstauboberfläche beträchtlich; in manchen Situationen sogar dominant. Oberfläche und Teilchenzahlen sind aber vermutlich wichtige Wirkeigenschaften von UFPs, so dass dieser Partikelfraktion bei der Beurteilung der gesundheitsschädigenden Auswirkungen von Umweltaerosolen erheblich mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden muss.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Die gesundheitsschädigenden Effekte luftgetragener Partikel wurden bereits in verschiedenen epidemiologischen und toxikologischen Studien demonstriert. So geht die Zunahme der Partikelkonzentration mit einer Erhöhung der Fälle von Herz-/Kreislauf- und Atemwegserkrankungen einher. Eine akute und/oder chronische Exposition gegenüber Umweltpartikeln kann z.B. zu einer Induktion von Entzündungsreaktionen sowie einem Anstieg der Lungentumorinzidenz führen. Insbesondere bei der Pathogenese der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) wird die Inhalation von Partikeln und die daraus resultierende Entzündungsantwort als Ursache diskutiert. Neuere Untersuchungen deuten darüber hinaus daraufhin, dass kleinere Partikel im Vergleich zu größeren Partikeln eine höhere Schadwirkung haben. Dies beruht auf ihrer hohen pulmonalen Deposti-

onsrate, einer um mehrere Größenordnungen höheren Teilchenzahlkonzentration und der im Vergleich zu gröberen Partikeln deutlich größeren Oberfläche pro Masseneinheit. Dies ermöglicht spezielle oberflächen-induzierte Effekte sowie Synergismen durch Aggregation/Kondensation mit anderen Luftschadstoffen (semivolatile Verbindungen incl. PAHs, NO_x, Oxidantien). Viele dieser Stoffe haben darüber hinaus pro-inflammatorische Wirkungen, die zum Teil durch oxidativen Stress und erhöhte Zytokin-Produktion ausgelöst werden. Aufgrund ihrer geringeren Größe können UFPs aber auch durch Membranen penetrieren, in die Blutzirkulation eintreten und damit in einem anderen Zielgewebe als der Lunge deponiert werden, wo Fernwirkungen ausgelöst werden können.

Die besondere Bedeutung von UFPs unter den luftgetragenen Partikeln ist derzeit noch weitgehend spekulativ, da es sowohl an wirkungsbezogenen Untersuchungen zur Beeinträchtigung der Gesundheit als auch an systematischen Beobachtungen der Exposition gegenüber solchen Partikeln fehlt. Mehr noch: Nicht einmal die Methoden der Charakterisierung solcher Partikel bezüglich ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften sind routinemäßig vorhanden. Um deshalb die gesundheitliche Gefährdung durch die Belastung mit ultrafeinen Partikeln einzuschätzen, ist die Untersuchung ihrer Wirkung sowie die Aufklärung der Wirkungsmechanismen und der stoffspezifischen Exposition unbedingt erforderlich. Hierin liegt der innovative Aspekt dieses Projektes.

In dem vorliegenden Vorhaben sollen entsprechende Untersuchungen an verschiedenen Standorten im Ruhrgebiet vorgenommen werden. Das Ruhrgebiet stellt ein Agglomerationsgebiet mit besonderem Belastungs- und Gefährdungspotenzial dar, da

- die Verkehrsdichte und damit die verkehrsinduzierten Partikel-Emissionen, einer Hauptquelle primärer UFPs, im Vergleich zu anderen Regionen außergewöhnlich hoch sind
- die Emissionen von Partikeln aus der Schwerindustrie (z.B. Stahlindustrie) in Teilräumen nach wie vor relevant ist
- die Hintergrundkonzentration an sekundärem Aerosol aufgrund der sich im Nordwesten angrenzenden ländlichen Regionen (Niederlande, Münsterland) mit Intensivlandwirtschaft und –viehhaltung besonders hoch ist
- die hohe Bevölkerungsdichte eine außergewöhnlich große Zahl von potenziell Exponierten und suszeptiblen Personen zur Folge hat
- das Ruhrgebiet die einzige deutsche Region darstellt, die den so genannten Megacities (mehr als 10 Mio. Einwohner) gleichkommt und sich deshalb als Studienregion für eine nachhaltige Entwicklung der Infrastruktur mit hohem gesundheitlichem Präventionspotenzial anbietet.

Epidemiologische Untersuchungen: Es soll ein Expositionsmodell zur Erfassung der persönlichen UFP-Belastung und davon abgegrenzt der persönlichen Feinstaubbelastung entwickelt und validiert werden. Hierzu müssen kleinräumige Expositionen inklusive Innenraumquellen, Aufenthaltszeiten im Verkehr, Verkehrsexposition an der Wohnadresse, Infiltrationsraten sowie berufliche UFP-Quellen berücksichtigt werden. Das Expositionsmodell soll anschließend zur Charakterisierung der UFP-Exposition auf Bevölkerungsebene an einer bereits vorhandenen und gut charakterisierten Kohorte (4800 Mitglieder) angewandt werden. Kardiovaskuläre Effekte sowohl auf intermediäre Endpunkte (Blutdruck, Entzündungsparameter, Koagulationsneigung, autonome Regulierung des Herzens) als auch auf die Entwicklung einer Arteriosklerose (Koronarkalk) und auf kardiovaskuläre Ereignisse (akuter Herzinfarkt, plötzlicher Herztod, Koronarangioplastie, Stent) werden für unterschiedliche Expositionen (größen-spezifische Staubexposition, quellenspezifische Expositionen) erfasst.

Toxikologische Untersuchungen in *in-vitro*- (Zellkulturen) und *ex-vivo*- (Organe) Modellsystemen: Dazu werden sowohl reale UFPs als auch Modellpartikel verwendet, die in ihrer Größe, chemischen Zusammensetzung und Oberflächenbelegung variiert werden und diesbezüglich charakterisiert sind. Die Variation der Modellpartikel soll soweit wie möglich den realen Umweltpartikeln nachgebildet werden und in ihren Matrices den erwarteten Leitkomponenten von Haupt- und Satellitenstandorten entsprechen. Die Endpunkte der geplanten Untersuchungen umfassen sowohl Bindungs- und Reaktivitätsuntersuchungen von UFPs in der Lunge als auch zelluläre und molekulare Reaktionen verschiedener Zellarten hinsichtlich Induktion von Entzündung und Genotoxizität gegenüber einer UFP-Exposition.

Erstellung von differenzierten Aerosol-Belastungsprofilen an ausgewählten Standorten im Ruhrgebiet durch größenklassifizierte und zeitabhängige Feldmessungen von Umweltaerosolen. Besondere Aufmerksamkeit wird der Ultrafeinstaub-Fraktion gewidmet. Dabei werden neben der Teilchenzahlkonzentration und deren Größenverteilung auch die physikalisch-chemischen Eigenschaften (chemische Zusammensetzung, Löslichkeit, Volatilität, Hygroskopizität u.a.) des UFP-Umweltaerosols ermittelt.

Die punktförmigen UFP-Messungen werden durch chemisch-dynamische Modellstudien ergänzt mit dem Ziel, die lokale und regionale, raum-zeitliche Immission zu charakterisieren und die Modelle zu validieren. Dazu soll ein grobskaliges, regionales Modell des Gesamtaerosols mit den lokalen Partikelflüssen der ultrafeinen Fraktion im urbanen Raum kombiniert werden.

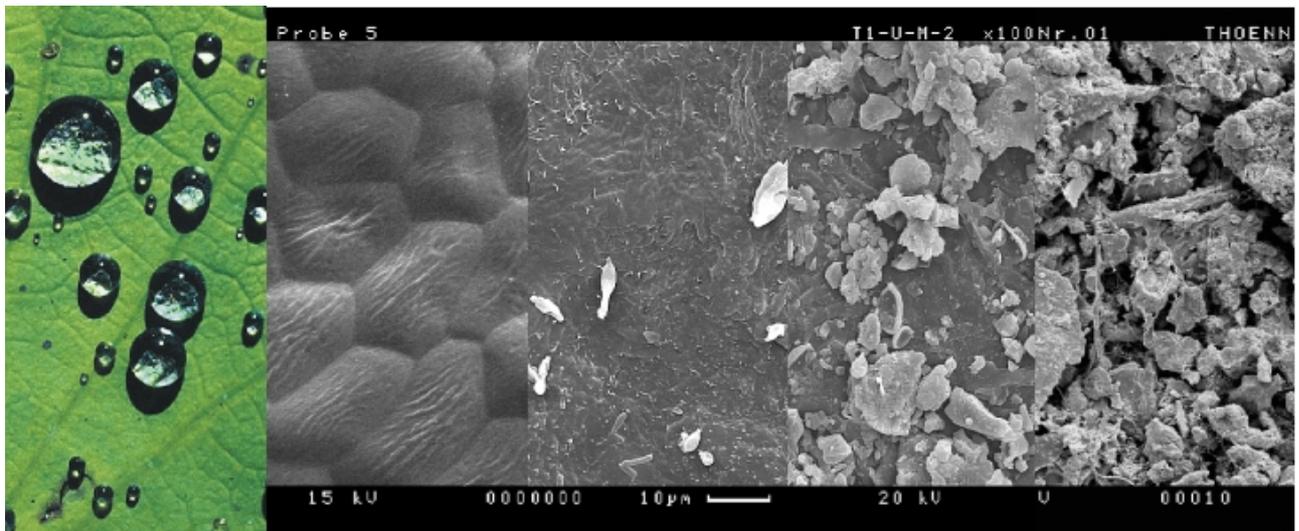
Zusammenfassende Bewertung der Wirkung ultrafeiner Partikel auf die Gesundheit der Menschen im Ruhrgebiet anhand der Assoziation der toxikologischen Wirkung der Modellpartikel, der Raum-/Zeit-Eigenschaften des Umweltaerosols, der epidemiologischen Befunde und der persönlichen Exposition.

Staubfilterung durch pflanzliche Oberflächen und Pflanzenbestände

Dr. Manfred Thönnessen – Forschungsgruppe Fassadenbegrünung, Feinstaub & Vegetation am Geographischen Institut der Universität zu Köln

Tel.: 0221/470-3518 – Fax: 0221/470-5124

E-Mail: m.thoennesen@uni-koeln.de, Internet: www.geographie.uni-koeln.de



Seit über 10 Jahren widmet sich die ‚Forschungsgruppe Fassadenbegrünung, Vegetation & Feinstaub‘ am Geographischen Institut der Universität zu Köln der Erforschung des Themenkomplexes der Staubfilterung durch pflanzliche Oberflächen und durch Pflanzenbestände.

Pflanzliche Oberflächen können Staubeinträge temporär oder permanent ad- oder absorbieren. Je nach Oberflächenstruktur werden Stäube entweder zu Staubaufgaben akkumuliert oder durch Niederschläge abgewaschen. Darüber hinaus beeinflussen Pflanzenbestände durch die Modifikation des Windfeldes das Sedimentations- bzw. Translokationsverhalten von Stäuben. Beide Aspekte der Zwischenspeicherung von Stäuben und Aerosolen können feinstaubminimierend eingesetzt werden. Die Gesamtfilterleistung stellt eine Summenwirkung dieser beiden Aspekte dar. Weiterhin ist zu beachten, dass Vegetation stets multifunktional wirkt: Neben der Zwischenspeicherung immissionsbedingter Schadstofffrachten auf Blattoberflächen sind eine Vielzahl ökologischer, ästhetischer und psycho-sozialer Wohlfahrtswirkungen von Begrünungsmaßnahmen und urbaner Vegetation bekannt und wurden z.T. vertiefend untersucht. Diese können hier jedoch nicht vertiefend fokussiert werden.

Staubfilterung durch pflanzliche Oberflächen

Die bisherigen Arbeiten fokussieren die Filtereigenschaften von Gehölzen, die im urbanen Kontext vielfach zum Einsatz kommen. Im Rahmen von Freilanduntersu-

chungen vornehmlich alteingewachsener Stadtbäume und Kletterpflanzen liegen bislang Ergebnisse zu den Blattoberflächeneigenschaften von fassadenbegrünendem Wildem Wein (*Parthenocissus tricuspidata*) und Efeu (*Hedera helix*) sowie den Baumarten Ahornblättrige Platane (*Platanus x hispanica*), Spitzahorn (*Acer platanoides*), Ginkgo (*Ginkgo biloba*) und Winterlinde (*Tilia cordata*) vor. Es sind Partikel akkumulierende und selbstreinigende Oberflächenstrukturen zu unterscheiden. Hier ist das artspezifische Mikrorelief der Blattoberflächen von entscheidender Bedeutung; die Partikelaufnahme über Spaltöffnungen erscheint vernachlässigbar gering.

Da das häufig praktizierte Abwaschen von Stäuben von Blattoberflächen mit flüssigen Reinigungsmitteln stets zu einer physikalischen wie chemischen Veränderung der immissionsbedingt abgelagerten Partikel oder auch zu Auswaschungseffekten führt, erscheinen solche Ansätze ungeeignet zur Erfassung der Filtereigenschaften pflanzlicher Oberflächen. Vermieden werden diese Nachteile durch den Einsatz einer weiterentwickelten Blattreinigungsmethode auf der Basis von Polyvinyl-Butyral-Abziehlacken, die eine quantitative Entfernung abgelagerter Partikel von den Blattoberflächen erlaubt. Auf der Basis elementspezifisch typischer Partikelgrößenverteilungen werden vergleichende Varianz-, Korrelations- und Faktorenanalysen des untersuchten Elementinventars gereinigter und ungereinigter Blätter durchgeführt. So können Rückschlüsse auf die Partikelgrößenklassen der durch die Blattoberflächen ad- und absorbierten Stäube und deren Immissionsverhalten gezogen werden.

Am Beispiel des fassadenbegrünenden Wilden Weines belegen Faktorenanalysen nahezu deckungsgleiche jahreszeitliche wie vertikale Verteilungsprofile der hoch entfernbaren Elemente Arsen, Aluminium, Cadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Eisen, Nickel, Blei, Platin und Antimon.

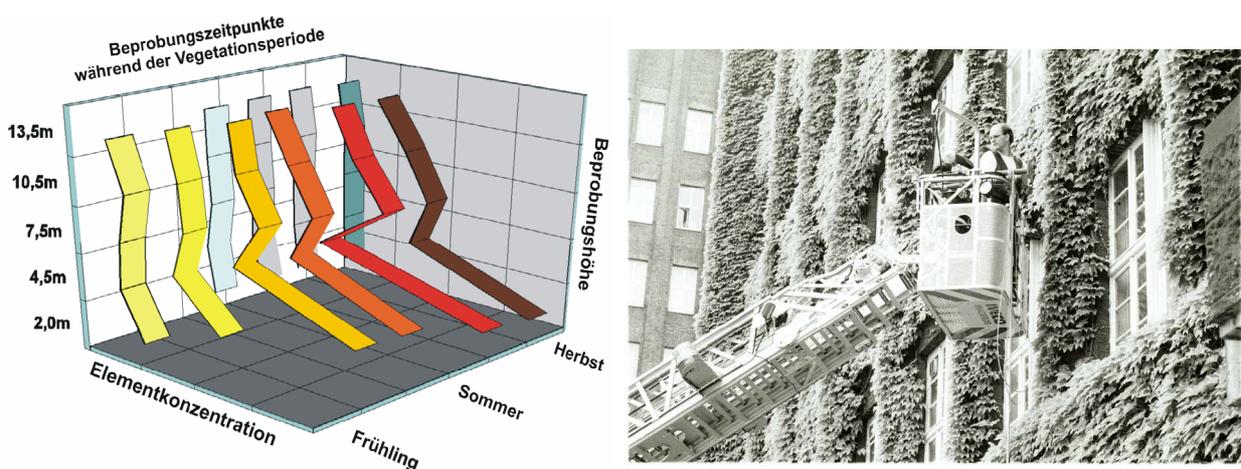


Abbildung: Links: Typisches Elementverteilungsmuster für Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Pt, Sb in einer verkehrsnahen innerstädtischen Fassadenbegrünung mit Dreispitziger Jungfernebe. Relativdarstellung, gelb – rot ungereinigte und grau gereinigte Blattproben der Vegetationsperioden 1995-97. Rechts: Montage meteorologischer Messgeräte im Bereich der untersuchten Fassadenbegrünung (THÖNNESSEN 2002)

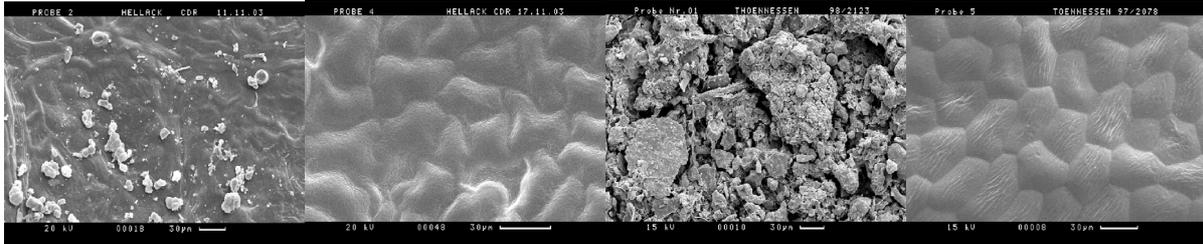


Abbildung: Ungereinigte und gereinigte Blattoberflächen Partikel vermeidender Gemeiner Platane (*Platanus x hispanica* 22.000 Kfz/d - links) und Partikel akkumulierender Dreispitziger Jungfernebe (*Parthenocissus tricuspidata* 12.500 Kfz/d - rechts). Innerstädtische Standorte, jeweils Oktober (THÖNNESSEN & HELLACK 2005)

Während die Filterleistung Partikel akkumulierender Blätter direkt nachvollzogen werden kann, sind selbstreinigende Blattoberflächen auf der Basis des momentanen Wissensstandes kaum einschätzbar. Da der niederschlagsbedingte Partikelaustrag von den Blättern bislang nicht quantifiziert wurde, besteht durchaus die Möglichkeit, dass durch den Wechsel von Staubbiladung und anschließender Regeneration der Blattoberfläche durch Niederschläge sogar eine effizientere Staubfilterung stattfinden könnte als dies bei Partikel akkumulierenden Blattoberflächen der Fall ist.

Die Frage der Relevanz der auf Blattoberflächen zwischengespeicherten Staubfrachten lässt sich durch den Vergleich von Staubbiladungsdaten beantworten, der Übertrag auf die Feinstaubfraktion steht noch aus. Bei Staubbiladungen konnte am Beispiel des fassadenbegründenden Wilden Weines dargelegt werden, dass die vegetationsgebundenen Staubmengen dimensional den lokalen Staubbiladungsmengen entsprechen, die Zwischenspeicherung somit relevante Dimensionen ausmacht.

Staubfilterung durch Pflanzenbestände

Neben der Zwischenspeicherung von Stäuben auf den pflanzlichen Oberflächen modifizieren Pflanzenbestände das Windfeld, was sich ebenfalls auf die Feinstaubdynamik auswirkt. So können sich Alleebäume, die in engen Straßenräumen das Eingreifen des Überdachwindes minimieren, ungeachtet der Oberflächeneigenschaften der Blätter aus lufthygienischer Sicht kontraproduktiv auswirken. Sinnvoll angeordnetes Straßenbegleitgrün kann aber auch belastungsminimierend eingesetzt werden. Hierzu laufen u.a. in den Niederlanden erste Untersuchungen. Ideal wäre es, die Blattoberflächeneigenschaften sinnvoll mit Bestandesaspekten zu kombinieren.

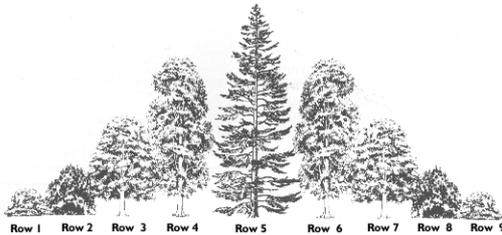
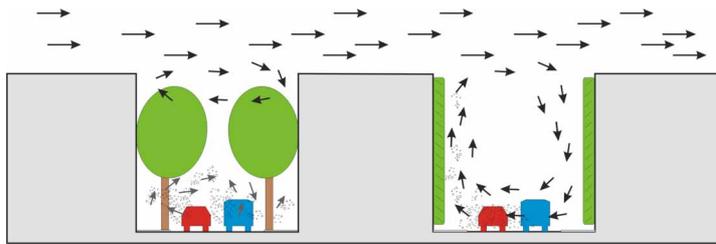


Abbildung: Auswirkungen von Pflanzenbeständen: Links: Beeinträchtigung der Durchlüftung durch dichtkronige Alleebäume in engen Stadtstraßen, alternativ kann sich der Einsatz von Hecken oder Fassadenbegrünungen empfehlen. Rechts: Staubminimierendes Straßenbegleitgrün nach niederländischem Vorschlag (HOFSCHEUDER & SWAAGSTRA 2005)

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

- Ergänzung der Feldarbeiten durch Bestimmung der Abscheide-Effizienz von Blättern ausgewählter Gehölzarten im Strömungskanal nach Testaerosol-Bestaubung
- Untersuchung der Akkumulations- und Selbstreinigungseigenschaften der Blätter durch Beregnungsversuche
- Fortsetzung der Feldversuche mit weiteren Gehölzarten z.B. der GALK-Straßenbaumliste, Hecken- oder Klettergehölze
- Numerische Simulation der Partikelabscheidung mit ‚FLUENT‘ und ‚ENVI-met‘

Die genannten Arbeiten sind in Kooperation mit dem IUTA Duisburg, Bereich ‚Luftgetragene Partikel / Luftreinhalteung‘ Bereichsleiter Dr. Thomas Kuhlbusch und Prof. Dr. Michael Bruse, Abt. Geoinformatik am Geographischen Institut der Universität Mainz projektiert, wobei die botanisch-analytischen Teilaspekte am Geographischen Institut der Universität zu Köln durchgeführt werden sollen. Weiterhin bestehen enge Kontakte zu den Berufsverbänden der Grünbranche. Die Bestäubungs- und Beregnungsversuche finden am IUTA statt, die numerischen Simulationen am IUTA und an der Universität Mainz. Im Anschluss an die genannten Arbeiten ist die Simulation der GesamtfILTERleistung von Pflanzenbeständen durch die Kombination von Oberflächen- und Bestandsdichteparametern geplant.

Publikationen

BRUSE, M.; THÖNNESSEN, M.; RADTKE, U. (1999): Practical and theoretical Investigation of the Influence of Facade Greening on the Distribution of Heavy Metals in Urban Streets.

- Proceedings International Conference on Urban Climatology & International Congress of Biometeorology, Sidney, 8-12. Nov., Australia
- CHILLA, T.; BARDO, A.; THÖNNESEN, M.; RADTKE, U. (2000): Fassadenbegrünung: „Ich dachte, das Thema ist durch?“ Landschaftsarchitektur 12/2000: 25-28
- THÖNNESEN, M. (2002): Elementdynamik in fassadenbegrünendem Wilden Wein (*Parthenocissus tricuspidata*). Nährelemente, Anorganische Schadstoffe, Platin-Gruppen-Elemente, Filterleistung, Immissionshistorische Aspekte, Methodische Neu- und Weiterentwicklungen. Universität zu Köln, Geographisches Institut. Dissertation (Kölner Geographische Arbeiten - Heft 78, 136 S.)
- THÖNNESEN, M. (2006): Staubfilterung und immissionshistorische Aspekte am Beispiel fassadenbegrünenden Wilden Weines (*Parthenocissus tricuspidata*). Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 18/1: 5-12 (UWSF Online First 24.11.2005)
- THÖNNESEN, M. (2006): Feinstaub und Vegetation. Die EU-Feinstaubverordnung als Impuls für mehr Grün in den Städten. TASPO – Das Magazin für Produktion, Dienstleistung und Handel im Gartenbau 6/3: 8-11
- THÖNNESEN, M.; WERNER, W. (1996): Die fassadenbegrünende Dreispitzige Jungfernrebe als Akkumulationsindikator. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56(8): 351-357
- THÖNNESEN, M.; HELLACK, B. (2005): Staubfilterung durch Gehölzblätter. Anreicherung und Vermeidung von Stäuben bei Wildem Wein und Platane. Stadt und Grün 54/12: 10-15

Partikelkonzentrationen (Anzahl, Masse) und urbane Grenzschichtprozesse



Ansprechpartner: Dr. Stephan Weber

Bereichsname: Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie

Leiter: Univ.-Prof. Dr. Wilhelm Kuttler

Universitäts-/Institutsname: Universität Duisburg-Essen, Institut für Geographie

Adresse: Universitätsstr. 5, 45141 Essen

Tel./Fax/E-mail: +49 (0)201 183-3387, stephan.weber@uni-due.de

Internetadresse: www.uni-due.de/klimatologie

Einführung

Die Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie, Fachbereich Biologie und Geographie, forscht seit ihrer Gründung im Jahre 1986 in den Bereichen Stadtklimatologie und städtische Lufthygiene. Dazu gehören u.a. Fragestellungen der stadtklimatologischen Grundlagenforschung, Untersuchung städtischer Mikroklimata, Kaltluft- und Strömungsdynamik in bebauten Räumen sowie die Luftqualitätsanalytik innerhalb von Städten (Kuttler, 2004; Kuttler et al., 2007). Darüber hinaus wird die aktuelle CO₂-Problematik im urbanen Bereich behandelt (Henninger and Kuttler, 2007).

Spezielle Fragestellungen behandeln z. B. die lufthygienische Qualität von Kaltluftströmungen (Weber and Kuttler, 2003), die human-biometeorologische Gunstwirkung innerstädtischer Grünflächen (Kuttler and Straßburger, 1999; Reitebuch et al., 2000) bzw. die energetischen Prozesse spezifischer städtischer Oberflächen (Weber and Kuttler, 2005; Weber, 2006; Weber et al., 2007).

Die Feinstaubforschung befasst sich mit verschiedenen Ausprägungen der raumzeitlichen Variation von Partikelkonzentrationen in urbanen Räumen. Momentan lassen sich drei Arbeitsfelder unterscheiden:

Aerosol und Mikrometeorologie

Während bei Untersuchungen im Bereich der Aerosolforschung zumeist nur „mittlere“ meteorologische Größen im Vordergrund stehen (z.B. Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit), liegt das Forschungsinteresse der Abteilung in der Analyse des Einflusses turbulenter Größen bzw. unterschiedlicher Ausprägungen der atmosphärischen Grenzschicht auf die bodennahen Konzentrationen und die Größenverteilungen des Aerosols.

So zeigten sich im Rahmen einer Straßenschluchtkampagne ausgeprägte Unterschiede in der Beeinflussung der Partikelgrößenfraktionen durch turbulente Strö-

mungsprozesse. Während Submikrometerpartikel signifikant positiv mit der horizontalen Windgeschwindigkeit und der Standardabweichung der vertikalen Windgeschwindigkeit (σ_w) innerhalb der Straßenschlucht korreliert waren, zeigten die größeren Partikel $> 1 \mu\text{m}$ ein gegensätzliches Verhalten (Weber et al., 2006a; Weber et al., 2006b). Momentan wird zur weiterführenden Analyse der Kopplung von mikrometeorologischen Größen und Partikeln innerhalb der urbanen Grenzschicht eine Straßenschlucht-Messkampagne in Essen durchgeführt. Dabei werden die Partikelmessungen in den Bereich ultrafeiner Partikel ausgeweitet (Partikeldurchmesser $< 0,1 \mu\text{m}$). Für ultrafeine Partikel ist der Zusammenhang mit mikrometeorologischen Prozessen bisher kaum untersucht.

Mobile Partikelmessungen



Abb.1: Messmast zur Bestimmung von Partikelkonzentrationen (optische Partikelzähler) und turbulenter Strömung (Ultraschallanemometer) an der Gladbecker Straße (B224), Essen

Begleitend zu stationären Partikelmessungen werden kontinuierliche mobile Messungen innerhalb eines Stadtgebietes durchgeführt, um eine räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Analyse des „status-quo“ von Partikelkonzentrationen innerhalb der bodennahen Luftschicht zu erheben. Städtische Ballungsräume sind aufgrund der heterogenen Quellenstruktur durch eine deutliche räumliche Variabilität der Partikelkonzentrationen charakterisiert. Allerdings beruhen Aussagen darüber nur auf Analysedaten weniger stationärer Messpunkte. Für den Bereich feiner oder ultrafeiner Partikel liegen bislang keine Routinemessungen vor. Ergebnisse singulärer Messstellen lassen kaum repräsentative Aussagen zur Luftqualität innerhalb von Stadtgebieten zu. Auch können Aussagen numerischer Modellstudien aufgrund derzeit noch unzureichender Validierung im Bereich feinerer Partikelmoden zu keinem Erkenntnisgewinn beitragen.

Aus diesem Grund werden mobile Konzentrationsmessungen von Partikelmasse und -anzahl entlang einer Messroute in Essen vorgenommen. Während mobile Messungen zur Erfassung der bodennahen Konzentration gasförmiger atmosphärischer Spurenstoffe in Städten bereits in einigem Umfang durchgeführt wurden (z. B. Kuttler und Wacker, 2001), stellt die mobile Messung von Partikeln ein relativ neues Forschungsfeld dar.

Vegetation & Feinstaub

Im Rahmen einer Promotion wird derzeit das Filterungspotenzial von Straßenvegetation untersucht (Litschke und Kuttler, eingereicht). Dazu werden räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Messungen in städtischen Straßenschluchten bei unterschiedlichen Anströmungssituationen durchgeführt. Um einen zeitlichen Trend in den mobilen Messungen zu korrigieren wird parallel eine stationäre Messung vorgenommen. Aufgrund von Unterschieden in der räumlichen Verteilung im belaubten (Sommer) und unbelaubten Zustand (Winter) soll der Einfluss der Vegetation auf die Partikelkonzentrationen ermittelt werden.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

Ein Projekt zur Untersuchung der Zusammenhänge ultrafeiner Partikel und turbulenter Strömungsprozesse wird ab Ende 2007 an einem Straßenstandort (Straßenschlucht) sowie einem Umlandstandort in Essen begonnen. Anhand der Quantifizierung der Straßenschlucht- und Umlandpartikelkonzentrationen soll der zusätzliche lokale Beitrag zur Exposition der Bevölkerung gegenüber Partikeln am Straßenstandort bestimmt werden. Die Untersuchungen werden während unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen durchgeführt.

Die Analysen zum Zusammenhang von Feinstaub und Vegetation sollen im Rahmen der Promotionsarbeit im Jahr 2008 zum Abschluss gebracht werden.

Referenzen/Veröffentlichungen

- Henninger, S. und Kuttler, W. 2007. Methodology for mobile measurements of carbon dioxide within the urban canopy layer, *Climate Research*, Vol. 34, pp. 161-167.
- Kuttler, W., 2004. Stadtklima - Teil 1: Grundzüge und Ursachen. *UWSF - Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie*, 16(3): 187-199.
- Kuttler, W. und Straßburger, A., 1999. Air quality measurements in urban green areas - a case study. *Atmospheric Environment*, 33: 4104-4108.
- Kuttler, W. und Wacker, T. 2001. Analyse der urbanen Luftqualität mittels mobiler Messungen: DACH-Meteorologentagung, 18. - 21. Sept. 2001, Österreichische Beiträge zur Meteorologie und Geophysik, H. 27, Nr. 399, S. 1-16.
- Kuttler, W., Weber, S., Schonfeld, J. and Hesselschwerdt, A., 2007. Urban/rural atmospheric water vapour pressure differences and urban moisture excess in Krefeld, Germany. *International Journal of Climatology*, 27(14): 2005-2015
- Litschke, T. und Kuttler, W. On the reduction of urban particle concentration by vegetation – a review. Eingereicht bei *Meteorologische Zeitschrift*
- Reitebuch, O., Strassburger, A., Emeis, S. and Kuttler, W., 2000. Nocturnal secondary ozone concentration maxima analysed by sodar observations and surface measurements. *Atmospheric Environment*, 34: 4315-4329.
- Weber, S., 2006. Comparison of in-situ measured ground heat fluxes within a heterogeneous urban ballast layer. *Theoretical and Applied Climatology*, 83(1 - 4): 169-179.
- Weber, S. and Kuttler, W., 2003. Analyse der nächtlichen Kaltluftdynamik und -qualität einer stadtklimarelevanten Luftleitbahn. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*, 63(9): 381-386.

- Weber, S. and Kuttler, W., 2005. Surface energy-balance characteristics of a heterogeneous urban ballast facet. *Climate Research*, 28: 257-266.
- Weber, S., Kuttler, W. and Weber, K., 2006a. Flow characteristics and particle mass and number concentration variability within a busy urban street canyon. *Atmospheric Environment*, 40(7565-7578).
- Weber, S., Kuttler, W. and Weber, K., 2006b. Meteorologische Beeinflussung von Partikelanzahl- und massenkonzentrationen (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1) in einer Straßenschlucht. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*, 66(11/12): 489-494.
- Weber, S., Graf, A. and Heusinkveld, B.G., 2007. Accuracy of soil heat flux plate measurements in coarse substrates - Field measurements versus a laboratory test. *Theoretical and Applied Climatology*, 89(1-2): 109-114.

Feinstaubsonderuntersuchungen

Ansprechpartner: Prof. Dr. Konradin Weber
Bereichsname: Labor für Umweltmesstechnik, FB 4
Leiter: Prof. Dr. Konradin Weber
Universität/Institut: Fachhochschule Düsseldorf (FHD)
Adresse: Josef-Gockeln-Str. 9, 40474 Düsseldorf
Tel. / Fax: +49-211-4351-437/ -485/
E-Mail: konradin.weber@fh-duesseldorf.de
Internetadresse: www.fh-duesseldorf.de/DOCS/FB/MUV/UMT/home.htm



Einführung

Das Labor für Umweltmesstechnik (UMT) der Fachhochschule Düsseldorf arbeitet seit geraumer Zeit auf dem Gebiet der Messtechnik von Luftverunreinigungen. Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeiten ist die Untersuchung von Luftverunreinigungen mit optisch-spektroskopischen Verfahren, insbesondere mit optischen Fernmessverfahren. Die Forschungsarbeiten beziehen sich sowohl auf die Weiterentwicklung und Evaluierung der Verfahren als auch auf die Untersuchung der Verteilung der Luftverunreinigungen in Abhängigkeit von den meteorologischen Bedingungen in urbanen Gebieten, bei Industrieanlagen, in der Landwirtschaft und bei Vulkanen (siehe z.B. [1,2]). Für die Untersuchungen stehen eignungsgeprüfte Messsysteme, neuartige UV- und IR-Spektrometer, Lasermesssysteme, meteorologische Messsysteme, ein Messwagen und ein leichtes Elektro-Messmobil zur Verfügung.

In den letzten Jahren ist ein weiterer Forschungsschwerpunkt die Feinstaubbestimmung, hauptsächlich in urbanen Gebieten. Hierfür stehen zwei schnelle optische Partikelzähler zur gleichzeitigen Bestimmung von PM10, PM2.5 und PM1 sowie ein Beta-Staubmeter zur Verfügung. Im Folgenden werden exemplarisch einige der Feinstaubprojekte genannt. Die Arbeiten wurden teilweise vom BMBF, dem MIWFT NRW, dem LANUV NRW und dem Umweltamt der Stadt Düsseldorf gefördert.

Vergleich der Partikelanzahl und Massenkonzentration zwischen einer stark befahrenen Straßenschlucht (Corneliusstraße, Düsseldorf) und einem angrenzenden Hinterhof

(Untersuchung in Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen)

Sowohl in der Straßenschlucht als auch im angrenzenden Hinterhof wurden optische Partikelzähler zur gleichzeitigen Bestimmung von PM10, PM2.5 und PM1 sowie me-

teorologische Messsysteme für mehrere Wochen positioniert. Dabei konnten im Untersuchungszeitraum deutlich niedrigere Belastungen im Hinterhof verglichen mit der Straßenschlucht nachgewiesen werden. Für PM10 ergab sich eine mittlere Reduktion von 30% im Hinterhof verglichen mit der Straßenschlucht, für PM1 wurde eine mittlere Reduktion von 22% festgestellt. Die Untersuchung ergab einen deutlichen Einfluss der Meteorologie auf die gemessenen Konzentrationen in der Straßenschlucht. Insbesondere hatte die Ausbildung eines Wind-Rotors während der Queranströmung der Straßenschlucht einen deutlich sichtbaren Einfluss. Die Rotorzirkulation in dem weniger belasteten Hinterhof war dagegen nur von untergeordneter Bedeutung. Außerdem konnten unterschiedliche Einflüsse von thermisch und mechanisch induzierter Turbulenz auf die zeitliche Dynamik der Konzentrationsunterschiede im Tagesgang festgestellt werden. Für den fühlbaren Wärmefluss zeigte sich eine positive Korrelation mit der Partikelmassenkonzentration. Die mechanische Turbulenz war dagegen negativ korreliert (Förderung des Projektes: teilweise durch das Umweltamt Düsseldorf, teilweise durch das LANUV NRW).

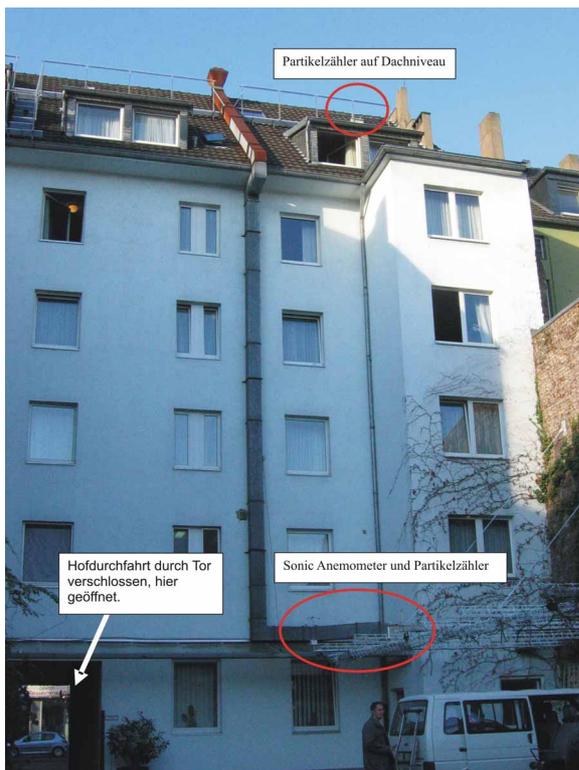


Abbildung 1: Messsysteme der FHD im Hinterhof an der Corneliusstraße

Abbildung 2: Messsysteme und Elektromessmobil der FHD auf der Corneliusstraße, Düsseldorf



Einfluss von meteorologischen Parametern und Messhöhe auf die Partikelanzahl und Massenkonzentration in einer Straßenschlucht (Gladbecker Straße, Essen)

(Untersuchung zusammen mit der Universität Duisburg-Essen)

In einer mehrwöchigen Messkampagne wurden in der Gladbecker Straße in Essen in drei verschiedenen Messhöhen optische Partikelzähler für die Bestimmung von PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ sowie meteorologische Messsysteme an einem Messturm installiert. Es konnte gezeigt werden, dass der Wind während der Messkampagne stark kanalisiert war. Außerdem war bei Queranströmung der Straße ein deutlicher Windrotor in der Straßenschlucht feststellbar. Dieser führte je nach Zirkulationsrichtung in der Straßenschlucht zu PM₁₀-Konzentrationsunterschieden von bis zu einem Faktor von 1,5. Die Partikelgrößenzusammensetzung hing ebenfalls von den meteorologischen Randbedingungen ab. Während Perioden niedriger turbulenter Durchmischung konnte eine Schichtung der Partikelkonzentrationen nachgewiesen werden. Stärkere turbulente Durchmischung führte hingegen zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Partikelkonzentrationen (siehe auch [3,4]).

Untersuchung einer innovativen Straßen-Nassreinigungsmaschine mit Feinstaubfilter hinsichtlich PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁

(Untersuchung in Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen und der Universität Wuppertal)

Die Schwallspülung mit Wasser von belasteten Straßen zur Reduktion der Feinstaubbelastung ist sehr kostenintensiv und in ihrer Wirkung fraglich. Außerdem ist bekannt, dass konventionelle Kehrmaschinen zwar visuell die Straße von grobem Staub und Gegenständen wie Flaschen, Dosen, Laub und Zweigen reinigen, aber in der Abluft deutliche Mengen an Feinstaub emittieren können.

Aus diesem Grund wurde eine innovative Nassreinigungsmaschine, die im Gegensatz zu konventionellen Kehrmaschinen mit Feinstaubfilter und einem kombinierten Hochdruck-Sprüh/Saugbalken ausgerüstet war, hinsichtlich folgender Parameter untersucht:

- Reinigungswirkung der Straße bzgl. PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁,
- Feinstaubaufwirbelung durch die Reinigungsmaschine bzgl. PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁,
- Emissionen der Nassreinigungsmaschine in der Abluft bzgl. PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁,
- Einfluss auf die Immission bzgl. PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁



Abbildung 3:

Online-Messung von Aufwirbelung und Emission von PM₁₀, PM_{2.5} und PM₁ hinter einer Nassreinigungsmaschine mit kombiniertem Hochdruck-Sprüh/Saugbalken am Heck der Maschine

Die konstruktive Besonderheit an dieser Reinigungsmaschine war, dass die Hochdruck-

reinigungsdüsen und die Absaugung gleichzeitig in einer nach außen weitgehend geschlossenen Querhaube am Heck der Reinigungsmaschine integriert waren. Es konnte während der Untersuchung nachgewiesen werden, dass hierdurch bei dem Reinigungsprozess wenig Feinstaub in die Außenluft aufgewirbelt wurde trotz guter Fahrbahnreinigungsleistung. Außerdem war bis auf Einzelspitzen durch besondere Betriebszustände die Feinstaubbelastung in der Abluft aufgrund des eingebauten Feinstaubfilters relativ gering (Förderung des Projektes: durch das LANUV NRW).

Untersuchung von Feinstaub Einzelquellen

In einer Situation, wo einzelne Grenzwertüberschreitungen bei Feinstaub gezählt werden, ist die Identifizierung von Feinstaub Einzelquellen von Bedeutung geworden. In Düsseldorf wurden deswegen unterschiedliche Feinstaub Einzelquellen durch die Fachhochschule Düsseldorf untersucht. Hier sind neben Untersuchungen bei verschiedenen Feuerwerken auch Untersuchungen bei Gebäude-Abrissarbeiten und Sprengungen zu nennen. Es wurde festgestellt, dass die Immissionsbelastung einzelner Stadtgebiete durch Feuerwerke stark von den meteorologischen Bedingungen abhängt. Nach den bisherigen Untersuchungen können Abrissarbeiten je nach meteorologischen Bedingungen zu einer deutlichen Feinstaubbelastung des angrenzenden Stadtgebietes führen (siehe auch [5]). (Förderung des Projektes: teilweise durch das Umweltamt der Stadt Düsseldorf).



Abbildung 4: Staubentwicklung bei Abrissarbeiten eines Gebäudes in Düsseldorf

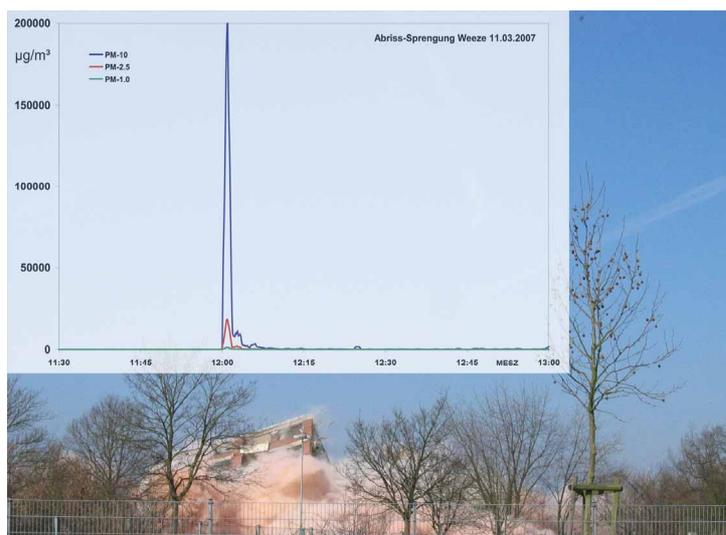


Abbildung 5:
Feinstaubentwicklung bei der Sprengung eines Gebäudes in Weeze

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2Jahre)

Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeiten wird die weitere Untersuchung der Feinstaubbelastung durch verschiedene Baustellen und Abrissarbeiten sein. Dabei werden sowohl verschiedene Arten und Größen der Baustellen und Abrissarbeiten als auch Minderungsmaßnahmen untersucht.

Ein weiterer Schwerpunkt wird die Belastung von Personen durch Rauchen im Auto sein.

Darüber hinaus werden die Emissionen an Gasen und Stäuben verschiedener Vulkane als natürliche Emissionsquellen analysiert werden.

Referenzen/Veröffentlichungen

[1] Weber, K., Ropertz, A., Kuttler, W.; Erfassung und Analyse atmosphärischer Spurenstoffe im Bereich einer urbanen Grünfläche unter Verwendung optischer Fernmessverfahren; Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Vol. 64, Nr. 6, Springer-VDI, 2004

[2] Weber, K., Bothe, K., Pisirtsidis, S., Laue, M., Fischer, C., van Haren, G., Gonzales Ramos, Y., Barrancos, P., Hernández, P., Pérez, N. M., Pabel, K., Sosef, M., Gas emission measurements from Teide volcano (Tenerife, Canary Islands, Spain) by means of optical remote sensing, Proceedings of the „99th Annual Conference & Exhibition of the Air & Waste Management Association“, June 20 – 23, 2006, New Orleans, Louisiana, USA, A&WMA Pittsburgh, PA, 2006

[3] Weber, S., Kuttler, W., Weber, K., Meteorologische Beeinflussung von Partikelanzahl- und -massenkonzentrationen (PM10, PM2.5, PM1) in einer Straßenschlucht, in: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Springer-VDI-Verlag, 66 (2006) Nr. 11/12, S. 489-494, Düsseldorf, November 2006

[4] Weber, S., Kuttler, W., Weber, K., Flow characteristics and particle mass and number concentration variability within a busy urban street canyon, Atmospheric Environment, 40, pp. 7565-7578, Elsevier-Verlag, 2006

[5] Weber, K., Fischer, C., Bothe, K., van Haren, G., Investigation of ambient air pollution by fine particles PM10, PM2.5, PM1 caused by the demolition of a building within the City of Duesseldorf, Germany, Proceedings of the "MicroCAD 2007 - International Scientific Conference", 22-23 March 2007, Miskolc, Hungary, pp. 179-184, 2007

Partikelcharakterisierung, Maßnahmen und Quellenzuordnung



Ansprechpartner: Dr. Thomas A.J. Kuhlbusch
Bereichsname: Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie
Universitäts-/Institutsname: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.
Adresse: Bliersheimer Str., 47229 Duisburg
Tel./Fax: 02065 418-267/ -211
E-mail: tky@iuta.de
Internetadresse: www.iuta.de

Einführung

Wissenschaftliche Schwerpunkte des IUTA e.V. sind neben energietechnischen Aspekten Umwelt- und umwelttechnische Fragestellungen zu luftgetragenen Schadstoffen. Letztere umfassen Gase, Moleküle und Nanopartikel bis hin zu Aerosolen. Im IUTA werden Forschungsarbeiten zum Feinstaub in drei Bereichen durchgeführt: Luftreinhaltung und Prozessaerosole (Aerosole in und aus industriellen Prozessen), Luftreinhaltung und Filtration (Filtration von Luft zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen, z. B. Auto) und Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie.



Im Bereich „Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie“ ist die Feinstaubforschung tragendes Thema, wenn es um Emission und Immission oder Modellbildung und messtechnische Entwicklungen geht. Modellbildung und messtechnische Entwicklungen (siehe Beitrag von Herrn Dr. Quass) bilden die Basis für die Arbeiten sowohl im Bereich der Emission (siehe Beitrag von Frau Dr. John) als auch der Immission (dieser Beitrag).

Die Forschungsarbeiten zur Immission befassen sich mit der chemischen und physikalischen Charakterisierung von luftgetragenen Stäuben vor dem Hintergrund der

- Quellenzuordnung,
- Evaluierung von lokalen, regionalen und europaweiten Maßnahmen,
- Beschreibung der Exposition von einzelnen Personen oder Personengruppen,
- Zuordnung zu epidemiologischen und toxikologischen Untersuchungen.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

Für die nähere Zukunft sehen wir Forschungsschwerpunkte in folgenden Bereichen, die wir gerne auch in Kooperation mit anderen Instituten bearbeiten möchten:

➤ Bewertung der Effizienz von Maßnahmen

Maßnahmen zur Einhaltung von Grenzwerten und zur Verbesserung der Luftqualität sind teilweise mit sehr hohen Kosten verbunden. Daher ist es notwendig, die Effizienz hinsichtlich des Erfolgs und der Kosten zu evaluieren.

➤ Vernetzung: Quellenzuordnung und Gesundheitsforschung

Bei der Forschung über die Mechanismen und Effekte, wie Feinstäube auf die menschliche Gesundheit einwirken, sind in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte erzielt worden (z. B. Mechanismus über oxidativen Stress). Trotzdem ist noch weitgehend unbekannt, welche Staubkomponenten toxischer einzustufen sind als andere. Ein Lösungsansatz sind quellenbezogene Gesundheitsforschungen.

➤ Validierung der Quellenzuordnungsmethoden

Zur Quellenzuordnung gibt es verschiedene statistische Verfahren (z. B. Ausbreitungsrechnung, univariate und multivariate Statistiken, Emissionskataster und Lenschow Ansatz), die alle auf mehr oder weniger gültigen Annahmen und statistischen Zusammenhängen beruhen. Die Validierung dieser Methoden ist nicht einfach, jedoch notwendig in Hinblick auf ihre Anwendungsgebiete.

➤ Quellencharakterisierung (Chemie, Tracer, Größenverteilung)

Ein wesentliches Problem bei der immissionsseitigen Quellenzuordnung sind die unbekanntens Zusammensetzungen und Größenverteilungen der Stäube von gefassten und diffusen Quellen. Gerade hier könnten detailliertere Emissionskataster und Informationen zu Quellen z.B. für die Quellenzuordnung über die chemische Massenbilanzmethode (CMB) weiterhelfen.

➤ UFP, Partikeloberfläche

Zur Beurteilung möglicher gesundheitlicher Effekte sind neben den Parametern, die der Quelle zugeordnet werden können, auch andere physikalische Parameter erst einmal zu erheben, um diese zusammen mit z. B. der Epidemiologie zu beurteilen. Partikelparameter, die z. Zt. diskutiert werden und gerade auch für das Ruhrgebiet von Interesse sind, sind z. B. die Anzahlkonzentration der ultrafeinen Partikel, Partikeloberflächenkonzentrationen und die Partikelreaktivitäten.

➤ Expositionsforschung

Ein wesentlicher Schwerpunkt der näheren Zukunft ist auch die Beurteilung der Exposition der Bevölkerung im Allgemeinen und der Teilnehmer von Kohortenstudien im Besonderen. Mit diesen Forschungen können dann wesentliche Fragen der Exposition und der Confounder (Lärm, Gase, Stress...) untersucht und beantwortet werden. Es geht dabei unter anderem um

- räumliche Repräsentanz
- Außen-/Innenraum
- persönliche Aktivitäten

➤ Mess- und Forschungsplattform Mühlheim-Styrum

IUTA baut zurzeit eine Messplattform in Mühlheim–Styrum auf. Diese Messstation misst komplementär zur benachbarten Station des LANUV verschiedene Luftschadstoffe. Diese Stoffe (z. B. UFP) sollen über mehrere Jahre gemessen werden, um Trendanalysen zu ermöglichen. Die Station liegt inmitten des Ruhrgebietes und wird als repräsentativ für den urbanen Hintergrund betrachtet (siehe Bericht zum MUNLV-Projekt „Identifizierung von Quellgruppen für die Feinstaubfraktion“). Damit kann diese Station wertvolle Ergebnisse liefern bei der Bewertung epidemiologischer Studien (IUF Düsseldorf, IMIBE Klinikum Essen).



Abbildung: LUQS und IUTA Messstation in Mühlheim-Styrum

Referenzen/Veröffentlichungen

Identifizierung von Quellgruppen für die Feinstaubfraktion, U. Quass, T. Kuhlbusch, M. Koch, H. Fissan, K.G. Schmidt, P. Bruckmann, U. Pfeffer, D. Gladtko; T. Zang Bericht an das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, 2004.
http://www.iuta.de/Verfahrenstechnik/Luftreinhaltung/FeinstaubNRW_2004_Abschlussbericht.pdf

Ursachenanalyse von Feinstaub(PM 10)-Immissionen in Berlin auf der Basis von Messungen der Staubinhaltsstoffe am Stadtrand, in der Innenstadt und in einer Straßenschlucht; A. John, T. Kuhlbusch Bericht an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2004.
http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/werkstatt_feinstaub/

Identifizierung von PM10-Emissionsquellen im Rahmen der Maßnahmenplanung zur Reduktion der PM10-Immissionsbelastung in Rheinland-Pfalz; T. Kuhlbusch, A. John, O. Romanowa, S. Top Bericht an das Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, 2003.
http://www.iuta.de/Verfahrenstechnik/Luftreinhaltung/Identifizierung_von_PM10-Emissionsquellen_in_Rheinland-Pfalz.pdf

Korngrößenabhängige Untersuchungen von Schwebstaub und Inhaltsstoffen; T. Kuhlbusch, A. John, H. Fissan, Bericht an das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, NRW, 2000.
http://www.iuta.de/Verfahrenstechnik/Luftreinhaltung/Korngrößenabhängige_Untersuchungen_von_Schwebstaub_und_Inh.pdf

- Kuhlbusch, T.A.J.; John, A.C.; Fissan, H., Diurnal variations of aerosol characteristics at a rural measuring site close to the Ruhr-Area, Germany, *Atmos. Env.* 35, 13–21, 2001.
- Sillanpää, M., Hillamo, R., Saarikoski, S., Frey, A., Pennanen, A., Makkonen, U., Spolnik, Z., Van Grieken, R., Branis, M., Brunekreef, B., Chalbot, M.-C., Kuhlbusch, T.A.J., Sunyer, J., Kerminen, V.-M., Kulmala, M., Salonen, R., Chemical composition and mass closure of particulate matter at six urban sites in Europe, *Atmos. Env.* 40, 2, 212-223, 2006.
- Shi, T.; Schins, R.P.F.; Knaapen, Ad M.; Kuhlbusch, T.A.J.; Pitz, M.; Heinrich, J.; Borm, P.J.A., Hydroxyl radical generation by electron paramagnetic resonance as a new method to monitor ambient particulate matter composition, *J. Environ. Monit.* 5, 550-556, 2003.
- Hochadel, M.; Gehring, U.; Krämer, U.; Kuhlbusch, T.A.J.; Wichmann, H.E.; Heinrich, J., Predicting the concentration of air pollutants from GIS-based traffic information, *Atmos. Env.* 40, 3, 542-553, 2006.

Charakterisierung der Quellverteilung von Feinstaub und Stickoxiden in Ballungsgebieten

Ansprechpartner: Dipl.-Phys. S. Janson, H.-J. Buers,
Dr. D. Klemp, Dr. F. Rohrer



Bereichsname: ICG 2:Troposphäre

Institutsname: Forschungszentrum Jülich,
Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (ICG)

Adresse: Leo-Brandt-Straße, 52428 Jülich

Tel./ E-Mail: 02461/ 61 -3240 / s.janson@fz-juelich.de

Internetadresse: www.fz-juelich.de

Methode zur Identifikation von Verursacheranteilen am PM10-Wert

Der Eintrag anthropogen emittierter Schadstoffe in die Atmosphäre stellt vor allem in städtischen Ballungsgebieten ein großes Problem dar. Von der EU wurden Grenzwerte für die Feinstaubbelastung für eine mittel- und langfristige Verbesserung der Luftqualität zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt. Eine wesentliche Ursache für die Überschreitungen der PM10-Grenzwerte in städtischem Gebiet ist der Straßenverkehr, wobei insbesondere die Emissionen von Dieselfahrzeugen für erhebliche Beiträge zu den besonders kleinen und somit tief lungengängigen Aerosolen verantwortlich sind. Um nun das Problem der Einhaltung der Grenzwerte in Innenstadtbereichen zu lösen, muss es ein vorrangiges Ziel sein, ein schnelles und einfaches Verfahren für die Verursacheridentifikation zu finden.

Eine solche Möglichkeit gibt ein neuartiges gaschromatographisches Verfahren. Die für diese Methode benötigten Feinstaubproben werden auf Quarzfiltern mit Hilfe eines typischen PM10-Sammlers genommen und anschließend nach Erhitzen der Feinstaubprobe gaschromatographisch analysiert. Anhand von Emissionsuntersuchungen an verschiedenen Dieselfahrzeugen unterschiedlichen Baujahres und Typs konnten wir eine Proportionalität zwischen der gesammelten Dieselrußmasse und der aus dem Gaschromatogramm ermittelten Signaturstärke aufzeigen. Zur Identifikation des Dieselrußanteils dienen charakteristische Peaks aus dem Gaschromatogramm (Abbildung 1). Die Dieselrußsignatur unterscheidet sich hierbei eindeutig von anderen Signaturen wie z.B. Reifenabrieb. Der durch Dieselfahrzeuge verursachte prozentuale Anteil am PM10-Wert bestimmt sich dann aus der Proportionalität zwischen Dieselrußmasse und der aus dem Gaschromatogramm bestimmten Signaturstärke der charakteristischen Peaks (Abbildung 2).

Diese neuartige Methode ermöglicht somit eine sehr gute Identifikation und Bestimmung des durch Dieselfahrzeuge verursachten Anteils am Gesamtfinstaubwert und ist vom Forschungszentrum Jülich zum Patent angemeldet worden. Stationäre Mes-

sungen in der Jülicher Innenstadt zeigten eine sehr gute Übertragbarkeit der Masse-Signatur-Beziehung auf Außenluftmessungen und eine hinreichende Empfindlichkeit der Methode. Straßennahe PM-10-Messungen in der Jülicher Innenstadt lieferten einen mittleren Dieselrußanteil von 45%.

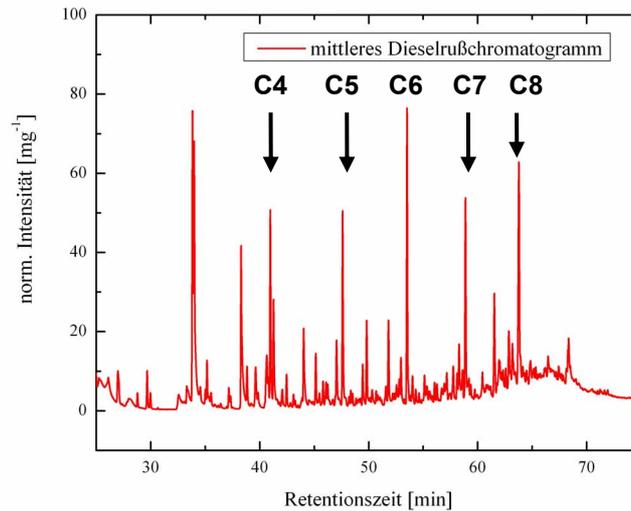


Abbildung 1: Typisches Dieselrußchromatogramm mit den charakteristischen Peaks

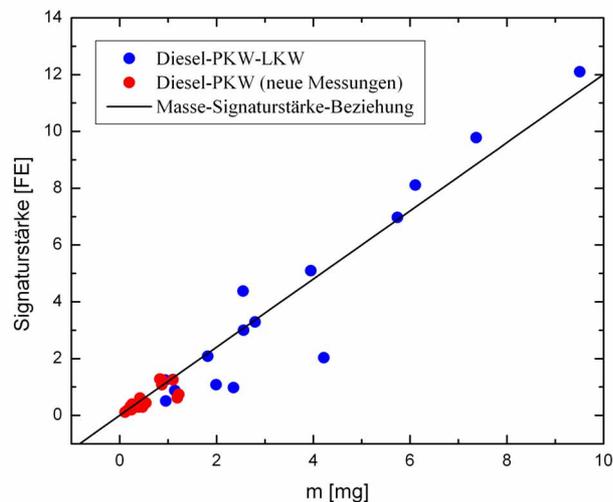


Abbildung 2: Proportionalität zwischen der Dieselrußmasse und der aus dem Gaschromatogramm ermittelten Signaturstärke

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Messungen zur Überprüfung der Luftqualität werden zumeist mittels eines Netzwerkes von stationären städtischen, vorstädtischen und ländlichen Messstationen durchgeführt. Um den Anteil, den die Dieselfahrzeuge am PM10- bzw. PM2.5-Wert haben, in einem exemplarischen Ballungsgebiet räumlich und zeitlich sehr genau zu charakterisieren, wird derzeit ein mobiles Messfahrzeug von uns ausgestattet. Im Gegensatz zu stationären Messungen ermöglicht ein solches mobiles Messlabor die Bestimmung von Konzentrationsverteilungen unter städtischen Bedingungen und für den ländlichen Hintergrundbereich.

Dieses mobile „Luftlabor“ wird sowohl mit der beschriebenen Aerosolmesstechnik bestehend aus einem PM10-Sammler, einem PM2.5-Sammler und einem ELPI als auch mit Gasphasenmesstechnik bestehend aus NO₂-, NO-, O₃-, CO-, differenzierter Kohlenwasserstoff- und Gesamtkohlenwasserstoff-Analytik bestückt sein (Abb. 3). Zusätzlich werden relevante meteorologische sowie geographische Parameter aufgenommen. Dadurch kann unter anderem bestimmt werden, welche meteorologischen Randbedingungen Überschreitungen der Feinstaubgrenzwerte begünstigen. Partikel-Echtzeitmessungen verbunden mit den GPS-Daten geben zusätzlich Aufschluss über Partikelquellen.

Ziel dieser Messungen ist es eine Klimatologie für Stickoxid- und Partikelmessungen zu erhalten, wobei eine Vielzahl von unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen abgedeckt werden soll. Korrelationen zwischen den Messgrößen sollen dabei zum Ausgangspunkt von Parametrisierungen dienen und damit zur Vorhersagbarkeit von Feinstaubszenarien beitragen.

Ausrüstung eines mobilen Messfahrzeuges mit:

- 1. Aerosolmesstechnik** (PM10, PM2.5, ELPI)
- 2. Gasphasenmesstechnik** (NO, NO₂, O₃, CO, TOC, VOC)



Abbildung 3: Ausrüstung eines mobilen Messlabors mit Aerosol- und Gasphasenmesstechnik

Quellenanalyse des Feinstaubs in Münster

Ansprechpartner: Dipl. Geoökol. Johanna Gietl,
Prof. Dr. Otto Klemm
Bereichsname: Klimatologie
Universitäts-/: Westfälische Wilhelms-Universität
Institutsname: Institut für Landschaftsökologie, Arbeitsgruppe Klimatologie



Adresse: Robert-Koch-Str. 26
48149 Münster
Telefon: +49 (0) 251 83 33912
Fax: +49 (0) 251 83 38338
Email: johanna.gietl (at) uni-muenster.de
Internetadresse: <http://kli.uni-muenster.de>

Einführung, momentane Forschung

Das Spektrum der Arbeitsgruppe Klimatologie reicht von Messungen der Nebeldeposition in Taiwan über CO₂-Flussmessungen und dem Stadtklima bis hin zur Aerosolpartikelforschung, insbesondere im Bereich der Dynamik atmosphärischer Aerosolpartikel.

Ein Schwerpunkt liegt momentan auf der Messung von Partikelflüssen. Hier handelt es sich zum einen um die Messung der Partikelflüsse an Bord eines Schiffs während der Fahrt und zum anderen um die Entwicklung und Anwendung einer kombinierten Technik zur direkten Messung turbulenter Flüsse der Inhaltsstoffe atmosphärischer Aerosolpartikel in der Grenzschicht.

Des Weiteren wird für Münster eine Quellenanalyse des Feinstaubs (PM₁₀) in der Steinfurter Straße, einer verkehrsreichen Ausfallstraße, anhand Untersuchungen der Partikeldynamik sowie größendifferenzierter chemischer Analytik durchgeführt. Hierzu wurden hoch aufgelöste Messungen der Partikelanzahl (ELPI, SMPS) zwischen 6 nm bis 10 µm Durchmesser sowie chemische Analysen zur Bestimmungen der Partikelzusammensetzung durchgeführt. Die Probenahme erfolgte mit einem fünfstufigen Berner Impaktor und Messintervallen von maximal 8 Stunden. Die chemischen Untersuchungen beinhalten Bestimmungen der wasserlöslichen Hauptionen, Anionen sowie Kationen, und Kohlenstoff, getrennt nach organischem und elementarem Anteil.

Dem Projekt Quellenanalyse sind einige Diplomarbeiten angeschlossen. Diese beinhalten einen Vergleich der Feinstaubkonzentration bzw. der Feinstaubinhaltsstoffe zwischen der Station Steinfurter Straße, Münster, und den Rieselfeldern nördlich von

Münster bzw. der Station Veldrom (Messstation des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW) im Eggegebirge. Die Auswertung der mit dem Berner Impaktor gesammelten Partikelproben erfolgte mit unterschiedlichen Zielen. So befasst sich eine Arbeit mit dem Vergleich der Metallvorkommen, die mittels ICP-MS bestimmt werden. Eine weitere Arbeit beschäftigt sich mit den Unterschieden, die anhand Analysen am REM deutlich werden. Des Weiteren werden Untersuchungen zu Kohlenstoffisotopen durchgeführt.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Neben dem Abschluss des Projekts „Quellenidentifizierung des Feinstaubes in Münster“ sind Forschungsarbeiten in Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Feinstaubbelastung und dem Verkehrsverhalten bzw. dessen Steuerung geplant.

Referenzen/Veröffentlichungen

mehr Informationen unter <http://kli.uni-muenster.de/de/publications/index.html>

Held, A., Niessner, R., Bosveld, F., Wrzesinsky, T. and Klemm, O. (2007): Evaluation and Application of an Electrical Low Pressure Impactor in Disjunct Eddy Covariance. *Aerosol Flux Measurements. Aerosol Science and Technology* 41, 510-519.

Fischer, G., Frohne, T., Gerharz, L., Hildebrandt, M., Klemm, O., Mildenerger, K., Nording, C., Rehberger, I., Schiffer, M., and Voulkoudis, C. S. (2006): Veränderungen des NO / NO₂-Verhältnisses in Nordrhein-Westfalen (1984–2004) und mögliche Ursachen. *Z. Umweltchem. Ökotox.* 18, 155-163.

Held, A., Nowak, A., W., Wiedensohler, A. and Klemm, O. (2006): Field measurements and size-resolved model simulations of turbulent particle transport to a forest canopy. *Journal of Aerosol Science* 37, 786-798.

Held, A. and Klemm, O. (2006): Direct measurement of turbulent particle exchange with a twin CPC eddy covariance system. *Atmospheric Environment* 40, 91-102.

Vogt, E., Held, A., and Klemm, O. (2005): Sources and concentrations of gaseous and particulate reduced nitrogen in the city of Münster (Germany). *Atmospheric Environment* 39, 7393-7402.

Held, A., Nowak, A., Birmili, W., Wiedensohler, A., Forkel, R., and Klemm, O. (2004) Observations of particle formation and growth in a mountainous forest region in central Europe. *Journal of Geophysical Research* 109, D23204, doi:10.1029/2004JD005346. 004JD005346.

Gesundheitseffekte von Feinstäuben auf das Herz-Kreislauf-System - die Heinz Nixdorf Recall Studie

Barbara Hoffmann

Arbeitsgruppe Umwelt- und Klinische Epidemiologie

Institut für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie

Universität Duisburg-Essen

Hufelandstr. 55, 45122 Essen

Tel: 0201/723-4514

E-mail: barbara.hoffmann@uk-essen.de

<http://www.uni-duisburg-essen.de/imibe>



Universitätsklinikum Essen
Anstalt des öffentlichen Rechts

Einführung

Die Belastung mit Feinstäuben ist mit einer erhöhten Erkrankungs- und Sterberate an Herz-Kreislauf-Erkrankungen verbunden. Hierbei spielen Kurzzeiteffekte, also die Auslösung eines akuten Ereignisses wie z. B. eines Herzinfarktes bei bereits vorgeschädigtem Gefäßsystem eine Rolle. Noch ungeklärt ist die Frage, ob eine chronische Belastung mit Feinstäuben die Entstehung und Progression einer Arteriosklerose, der zugrunde liegenden pathologischen Veränderung des Gefäßsystems, befördert. Ebenfalls unklar ist, welches die eigentlichen pathogenen Charakteristika des komplexen Feinstaubgemisches im urbanen Raum sind. Insbesondere dem verkehrsbezogenen Feinstaub wird eine besondere Toxizität zugeschrieben.

In der Heinz Nixdorf Recall Studie, einer im Jahr 2000 begonnenen Kohortenstudie von 4814 zufällig ausgewählten 45- bis 74-jährigen Einwohnern der Städte Mülheim, Essen und Bochum, wird die Inzidenz von Herzinfarkten und plötzlichem Herztod über einen mehrjährigen Zeitraum erfasst und in Beziehung zur Feinstaub- und chronischen Verkehrsbelastung gesetzt. Eine Besonderheit der Studie stellt die wiederholte Untersuchung subklinischer Zeichen der Arteriosklerose dar, die es erlaubt, das Fortschreiten der Arteriosklerose in Beziehung zur Feinstaubbelastung zu untersuchen. Zu diesen Untersuchungen gehören die Verkalkung der Herzkranzgefäße, gemessen mit der Elektronenstrahl-Computertomographie, und die Intima-Media-Dicke der Arteria carotis, gemessen mit Ultraschall. Darüber hinaus werden auch vorgelagerte Endpunkte von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erfasst, wie z. B. Entzündungsparameter, aktueller Blutdruck, Hypertonie. Hierdurch können die Mechanismen, die zur Entstehung einer erhöhten Herz-Kreislauf-Erkrankungsrate führen, untersucht werden.

Die chronische Verkehrsbelastung der Studienteilnehmer wird durch Entfernungsmessung der Wohnung zu viel befahrenen Straßen ermittelt. Weiterentwicklungen dieses Messansatzes sind die Differenzierung nach Fahrzeugtypen (Schwerlastverkehr und PKW), die Erfassung einer mittleren Verkehrsdichte im Umkreis um die

Wohnung sowie die Angaben der Teilnehmer zu täglichen Aufenthaltszeiten im Verkehr.

Die Feinstaubbelastung an der Wohnadresse wurde mittels des EURAD Dispersionsmodells geschätzt. Hierfür werden die täglichen Emissionswerte und Meteorologie sowie die Topographie der Studienregion berücksichtigt. Die modellierten PM_{2.5} Werte werden den geokodierten Wohnadressen in einem Raster von 5 km zugeordnet.

Um weitere wichtige Einflussfaktoren in den Analysen berücksichtigen zu können, werden detaillierte Angaben zum Lebensstil, wie Ernährungsweise, Bewegung, Rauchen, Stressbelastung, sowie bekannte und vermutete Herz-Kreislauf-Risikofaktoren (Vorerkrankungen, Lipidstatus, Blutdruck, Entzündungswerte, u.a) in die Analysen einbezogen.

Bisher konnten wir feststellen, dass ein Wohnen nahe an einer Autobahn oder Bundesstraße (innerhalb von 150 m) mit einer erhöhten Prävalenz der koronaren Herzerkrankung einhergeht (Hoffmann et al, 2006). Dies bestätigt bisherige Studienergebnisse aus den Niederlanden, die eine erhöhte Herz-Kreislauf-Mortalität zeigen. Ebenfalls konnten wir bei einer Analyse der Daten der Basiserhebung feststellen, dass eine zunehmende Nähe der Wohnung zu einer Autobahn oder Bundesstraße mit einer vermehrten Verkalkung der Herzkranzgefäße und Stenosierung der peripheren Arterien verbunden ist (Hoffmann et al, 2007a, Hoffmann et al, 2007b). Auch für die Hintergrundbelastung mit PM_{2.5} fanden sich Zeichen eines Zusammenhanges in der besonders stark belasteten Gruppe. Assoziationen mit Entzündungswerten wie dem hochsensitiven C-reaktiven Protein und dem Fibrinogen, beide prädiktiv für akute kardiovaskuläre Ereignisse, geben Hinweise auf einen entzündlichen Wirkmechanismus (Hoffmann et al, 2007c).

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

Die bisherigen Ergebnisse beziehen sich auf die Daten der Basiserhebung aus den Jahren 2000 bis 2003. In Kürze werden die Daten der 5-Jahres Erhebung zur Verfügung stehen, die erstmals eine Analyse der Neuentwicklung und Progression der Arteriosklerose ermöglichen. Zentraler Aspekt bei den weiteren Tätigkeiten ist die Verbesserung der Expositionserhebung unserer Studienteilnehmer. Neben der Differenzierung der Verkehrsdaten steht hier die Erfassung der Wohnhistorie im Vordergrund, die rückwirkend die Zuordnung langfristiger Belastungen am Wohnort ermöglichen soll. Daneben wird durch die Erhebung eines Aktivitäts- und Aufenthaltsprofils der Grundstein zur Entwicklung eines persönlichen Expositionsmodells gelegt. Kleinräumige PM_{2.5} Messungen und Anwendung eines land use regression models sollen eine genauere Zuordnung der PM_{2.5} Exposition an der Wohnung erlauben.

Referenzen/Veröffentlichungen

Hoffmann B, Moebus S, Stang A, Beck EM, Dragano N, Möhlenkamp S et al. Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. Eur Heart J 2006; 27(22):2696-2702.

Hoffmann B, Moebus S, Möhlenkamp S, Stang A, Lehmann N, Dragano N et al. Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. Circulation 2007; 116(5):489-496.

Hoffmann B, Moebus S, Kröger K, Stang A, Erbel R, Jöckel K. Long-Term Residential Exposure to Traffic and Peripheral Arterial Disease in the Heinz Nixdorf Recall Study. Epidemiology 18[5 (Suppl.)], S75. 2007

Hoffmann B, Moebus S, Stang A, Erbel R, Jöckel K. Long-term residential exposure to urban air pollution and inflammatory markers. ISEE 2007 , E505. 2007.

Einfluss einer langzeitigen Feinstaubbelastung auf die Entstehung chronischer Erkrankungen und altersbedingter Veränderungen

Ansprechpartner: PD Dr. Ursula Krämer, Prof. Dr. Ulrich Ranft
Bereichsname: Epidemiologie
Universitäts-
/Institutsname: Institut für Umweltmedizinische Forschung (IUF)
an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Adresse: Auf'm Hennekamp 50, 40225 Düsseldorf
Telefon, U.K.: 0211/3389-284
E-mail: kraemeru@uni-duesseldorf.de
U.R.: 0211/3389-287
ranft@uni-duesseldorf.de
Fax: 0211/3389-283
Internetadresse: www.iuf.uni-duesseldorf.de



Einführung

Molekulare päventivmedizinische Erforschung umweltinduzierter Erkrankungen ist die zentrale Aufgabe des Instituts für umweltmedizinische Forschung (IUF). Hierdurch sollen die Gesundheitsvorsorge im Hinblick auf Umweltbelastungen verbessert und präventive Strategien entwickelt werden. Das IUF widmet sich den biologischen Wirkungen, die Umweltschadstoffe (insbesondere Partikel und nicht-ionisierende Strahlung) auf den menschlichen Organismus ausüben. Dabei stehen umweltinduzierte Alterungsprozesse und umweltinduzierte Störungen des Immunsystems, besonders Allergien, im Vordergrund des Interesses. Diese Untersuchungen werden durch die im Institut vorhandene wissenschaftliche Kompetenz fächerübergreifend durchgeführt. So verfügt das Institut über Expertise in den Bereichen Zellbiologie, Immunologie und Allergologie, Toxikologie, Epidemiologie und molekulare Altersforschung.

Im Arbeitsbereich Epidemiologie werden Entstehung und Entwicklung von Atemwegserkrankungen und Allergien im Kindesalter sowie Alterungsprozesse und damit verbundene Erkrankungen (Hautalterung, chronisch obstruktive Lungenerkrankungen) mittels Kohorten- und Panelstudien sowie in wiederholten Querschnittstudien untersucht. Insbesondere wird überprüft, inwieweit diese Prozesse durch Partikelmissionen, UV-Strahlung, biogene (Pollen) und/oder genetische Faktoren verursacht oder modifiziert werden. Humanmedizinische Wirkungen (Human-Biomonitoring und Effekt-Monitoring) spezifischer Schadstoffe (Schwermetalle, PAH) bilden einen weiteren Schwerpunkt der Forschung dieses Arbeitsbereiches. Themenschwerpunkte auf dem Gebiet der epidemiologischen Feinstaubforschung sind „Partikel aus dem Straßenverkehr und Entwicklung von Allergien bei Kindern“, „Partikel und Entstehung

chronischer Erkrankungen im Alter“ und „Partikel und Alterungsprozesse von Haut und Kognition“.

Die epidemiologischen Untersuchungen einer Partikelwirkung auf die Allergieentwicklung bei Kindern werden mit Geburtskohorten in den drei Orten München, Leipzig und Wesel mit Umgebung in Kooperation mit dem Institut für Epidemiologie der GSF, München, dem UFZ Leipzig, der Kinderklinik in Wesel sowie den Kinderkliniken der TU und der LMU München durchgeführt. Im kleinstädtisch geprägten Raum Wesel war eine Belastung der Kinder (Kohortenumfang 3390 Kinder) mit erhöhtem Rußgehalt des Feinstaubes seit Geburt mit einem vermehrten Auftreten eines Ekzems und eines trockenen Reizhustens assoziiert.

In Kooperation mit dem Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Krankenversicherung (BGFA), Bochum, und dem Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie der TU Berlin wird eine Studie über den Einfluss von Luftverschmutzung auf die Lungenfunktion, Entzündungsreaktionen und Alterungsprozesse (SALIA: Study on the influence of air pollution on lung function, inflammation and aging) bei älteren Frauen durchgeführt. Den Hintergrund hierfür bilden eigene Vorarbeiten, die zeigen, dass eine chronische Exposition gegenüber PM₁₀, NO₂ sowie das Wohnen in unmittelbarer Nähe verkehrsreicher Straßen bei 55-jährigen Frauen, die im Ruhrgebiet wohnen, das Risiko erhöhen, chronisch obstruktive Lungenerkrankungen zu entwickeln. Zudem konnte an der selben Kohorte in Kooperation mit dem Institut für Epidemiologie der GSF gezeigt werden, dass eine hohe Belastung mit straßenverkehrsbedingter Luftverschmutzung das kardiopulmonale Mortalitätsrisiko erhöht. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass Atemwegserkrankungen und reduzierte Lungenfunktion zwar das kardio-vaskuläre Mortalitätsrisiko erhöhen, zum Zusammenhang zwischen Partikelbelastung und Mortalität aber nicht beitragen. In Fortsetzung dieser Arbeiten wird diese Frauenkohorte genutzt, um Effekte einer Feinstaubbelastung auf (i) chronische obstruktive Lungenerkrankungen und andere entzündliche Erkrankungen der Atemwege, (ii) Diabetes mellitus Typ 2, (iii) genotoxische Endpunkte, (iv) kognitive Funktionen und (v) der Hautalterung zu untersuchen. Mit der Feldphase dieser Untersuchung, die zunächst 400 Frauen umfasst, wurde im Mai 2007 begonnen.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte

Die Geburtskohortenuntersuchungen in den großstädtischen Gebieten von München und Leipzig sowie dem kleinstädtischen und ländlichen Gebiet in und um Wesel werden zunächst bis zum 10. Lebensjahr der Kinder fortgeführt. Dabei wird weiterhin die Bedeutung einer lebenslangen Belastung durch Feinstäube insbesondere aus dem Straßenverkehr auf die Entwicklung atopischer Erkrankungen untersucht. Die Kohorte in NRW wird um Kinder aus einer Duisburger Geburtskohorte erweitert, so dass

für NRW auch im großstädtischen Bereich Aussagen zum Forschungsthema gemacht werden können.

Die Untersuchungen mit der Frauenkohorte SALIA werden mit den Schwerpunkten Lungenfunktion, kognitive Beeinträchtigungen, insbesondere eine Erkrankung an Alzheimer, und Entwicklung von Allergien im Alter bei einer langzeitigen Belastung durch Feinstäube fortgesetzt. Angestrebt wird ein Kohortenumfang von ca. 2000 Frauen im Alter von 70 bis 75 Jahren. Für die Gesamtkohorte der 4700 Frauen, die in den Jahren 1984 bis 1994 erstmals untersucht wurden, ist ein Mortalitäts-Follow-up geplant, mit dem erneut die Bedeutung einer langjährigen Belastung durch Feinstäube auf die Mortalität untersucht werden soll.

Für beide Kohorten, die Geburtskohorte der Kinder sowie die Kohorte der älteren Frauen, ist eine langfristige Beobachtung mit wiederholten Follow-up's angestrebt.

Veröffentlichungen

1. Krämer,U.; Behrendt,H.; Dolgner,R.; RANFT,U.; Ring,J.; Willer,H.; Schlipkötter,H.-W. [1999] Airway diseases and allergies in East and West German children during the first five years after reunification: time trends and the impact of sulfur dioxide and total suspended particles. *Int. J. of Epidemiology* 28, 865-873
2. Krämer,U.; Koch,T.; RANFT,U.; Ring,J.; Behrendt,H. [2000] Traffic-related air pollution is associated with atopy in children living in urban areas. *Epidemiology* 11, 64-70
3. Wilhelm M, Eberwein G, Hölzer J, Begerow J, Sugiri D, Gladke D, RANFT U [2005] Human biomonitoring of cadmium and lead exposure of child-mother pairs from Germany living in the vicinity of industrial sources (Hot Spot Study NRW). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19, 83-90
4. Schikowski T, Sugiri D, RANFT U, Gehring U, Heinrich J, Wichmann HE, Krämer U [2005] Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respiratory Research*, 6, 152-162
5. Sugiri D, RANFT U, Schikowski T, Krämer U [2006] The influence of large scale airborne particle decline and traffic related exposure on children's lung function. *Environmental Health Perspectives*, 114, 282-288
6. Schikowski T, Sugiri D, RANFT U, Gehring U, Heinrich J, Wichmann HE, Krämer U [2007] Does respiratory health contribute to the effects of long-term air pollution exposure on cardiovascular mortality? *Respiratory Research*, 8, 20
7. Wilhelm M, Eberwein G, Hölzer J, Gladke D, Angerer J, Marczynski B, Behrendt H, Ring J, Sugiri D, RANFT U [2007] Influence of industrial sources on children's health – Hot spot studies in North Rhine Westphalia, Germany. *Int J Hyg Environ-Health*, doi:10.1016/j.ijheh.2007.02.007
8. Wilhelm M, Ewers U, Wittsiepe J, Fürst P, Hölzer J, Eberwein G, Angerer J, Marczynski B, RANFT U [2007] Human biomonitoring studies in North Rhine Westphalia, Germany. *Int J Hyg Environ-Health*, 210, 307-318

Feinstaubtoxikologie



Ansprechpartner: Priv.-Doz. Dr. Elke Dopp
Bereichsname: Institut für Hygiene und
Arbeitsmedizin
Universitäts-/Institutsname: Universitätsklinikum Essen, Universität Duisburg-
Essen
Adresse: Hufelandstrasse 55, 45122 Essen
Tel./Fax: 0201 7234578/ 0201 7234546
E-Mail: elke.dopp@uni-due.de
Internetadresse: www.uni-essen.de/arbeitsmedizin

Einführung

Wissenschaftlicher Schwerpunkt des Instituts ist die arbeits- und umweltmedizinische Toxikologie und die biologische Expositionskontrolle bei Einwirkung gesundheitsschädlicher Stoffe in Arbeitswelt und Umwelt auf den Menschen. Die Entwicklung neuer Methoden zum Wirkungsnachweis insbesondere von krebserzeugenden, aber auch von anderen toxischen Stoffen sowie von Methoden zur Kontrolle der Belastung und Beanspruchung durch diese Stoffe stehen im Vordergrund. Einen weiteren Forschungsschwerpunkt des Instituts stellt die Partikelforschung dar. Expositionen gegenüber natürlichen und künstlichen Mineralstäuben mit ihren Folgen für die Gesundheit stehen hierbei im Mittelpunkt.

Gegenstand gegenwärtiger Forschungsprojekte ist die toxikologische Bewertung von inhalierbaren quarzhaltigen Feinstäuben sowie die mechanistische Betrachtung der zellulären Effekte von eisenhaltigen Nanopartikeln und ultrafeinen Titandioxidpartikeln. Untersuchungen zur zellulären Aufnahme, zur Genotoxizität und zur Reaktivität der Partikel stehen hierbei im Vordergrund.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

Ein weiterer Schwerpunkt am Institut wird der Proteomforschung gewidmet sein. Die am Institut bereits vorhandenen massenspektrometrischen Analysensysteme (MALDI-TOF-MS, ProteinChip Reader, GC/MS-Systeme) sollen erweitert werden und somit bestehen dann sowohl in personeller wie in apparativer Hinsicht sehr gute Voraussetzungen für die Wirkungsforschung auf Proteinebene. Untersuchungen der Effekte einer Feinstaub- oder Ultrafeinstaubexposition auf die Expression einzelner Targetproteine bzw. auf das Proteom werden einen künftigen Forschungsschwerpunkt am Institut darstellen. Dies ist insofern wichtig, da über die Erforschung genetischer Veränderungen hinaus Proteinveränderungen und –interaktionen zum Verständnis biologischer Vorgänge unverzichtbar sind.

Referenzen/Veröffentlichungen

- Bhattacharya, K., Cramer, H., Schins, R., Dopp, E.: Cyto- and genotoxic effects of natural and surface-treated ultrafine titanium particles in mammalian cells. *J. Toxicol. Environm. Health Part A* (2007), in press.
- Bhattacharya, K.; Alink, G.M.; Dopp, E.: Oxidative stress and changed gene expression profiles in fiber-/particle- induced carcinogenesis. *Int. J. Human Genetics* 7 (2007) 1, 1-21.
- Geh, S., Shi, T., Shokouhi, B., Schins, R.P.F., Armbruster, L., Rettenmeier A.W., Dopp, E.: Genotoxic potential of respirable bentonite particles with different quartz contents and crystalline modifications in primary human lung cells. *Inhal. Toxicol.* 18 (2006) 6, 405-412.
- Geh, S., Yücel, R., Duffin, R., Albrecht, C., Borm, P.J.A., Armbruster, L., Raulf-Heimsoth, M., Brüning, T., Hoffmann, E., Rettenmeier, A.W., Dopp, E.: Cellular uptake and cytotoxic potential of respirable bentonite particles with different quartz contents and chemical modifications. *Arch. Toxicol.* 80 (2006) 2, 98-106.
- Bhattacharya, K., Dopp, E., Kakkar, P., Jaffery, F.N., Rahman, I., Jaurand M.C., Rahman, Q.: Biomarkers in risk assessment of asbestos exposure. *Mutat. Res.* 579 (2005) 1-2, 6-21.
- Dopp, E., Yadav, S., Ansari, F.A., Bhattacharya, K., von Recklinghausen, U., Rauen, U., Rodelsperger, K., Geh, S., Rahman, Q.: ROS-mediated genotoxicity of asbestos-cement in mammalian lung cells in vitro. *Particle and Fibre Toxicology* (2005), 2:9.
- Florea AM, Dopp E, Obe G, Rettenmeier AW (2004) Genotoxicity of organometallic species. In: Hirner AV and Emons H (Eds). *ORGANIC METAL AND METALLOID SPECIES IN THE ENVIRONMENT: ANALYSIS, DISTRIBUTION, PROCESSES AND TOXICOLOGICAL EVALUATION*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 205-219
- Poser, I.; Rahman, Q.; Lohani, M.; Becker, H.H.; Schiffmann, D.; Dopp, E.: Modulation of micronucleus formation by iron chelators and radical scavengers in primary human mesothelial cells exposed to asbestos fibers. *Mutat. Res.* 559 (2004), 1-2.
- Burmeister, B.; Schwerdtle, T.; Poser, I.; Müller, W.U.; Rettenmeier, A.W.; Hartwig, A.; Seemayer, N.H.; Dopp, E.: Effects of asbestos on initiation of DNA damage, induction of DNA-strand breaks, P53-expression and apoptosis in primary, SV40-transformed and malignant human mesothelial cells. *Mutat. Res.* 558 (2004) 1-2, 81-92.
- Rahman, Q; Lohani, M.; Dopp, E.; Pemsel, H.; Jonas, L.; Weiss, D.G.; Schiffmann, D.: Evidence that ultra fine-titanium dioxide induces micronuclei and apoptosis in Syrian hamster embryo fibroblasts. *Environm. Health Persp.* 110 (2002) 8, 797-800.
- Dopp, E.; Poser, I.; Papp, T.: Interphase FISH detection of cell cycle genes in asbestos-treated human mesothelial cells, MeT-5A- and mesothelioma cells. *Cell. Molec. Biol.*, 48 (2002), 271-277.

Toxikologie von Feinstaub: Mechanismen und Beurteilung

Ansprechpartner: Dr. Catrin Albrecht/Dr. Roel Schins
Bereichsname: Partikelforschung
Universitäts-/Institutsname: IUF an der Heinrich-Heine-
Universität Düsseldorf
Adresse: Auf'm Hennekamp 50
40225 Düsseldorf
Tel., E-Mail: CA: 0211/3389- 351
Catrin.Albrecht@uni-duesseldorf.de
RS: 0211/3389-269
Roel.Schins@uni-duesseldorf.de
Fax: 0211/3389- 331
Internetadresse: www.iuf.uni-duesseldorf.de



Einführung

Molekulare präventivmedizinische Erforschung umweltinduzierter Erkrankungen ist die zentrale Aufgabe des Instituts für umweltmedizinische Forschung (IUF). Hierdurch sollen die Gesundheitsvorsorge im Hinblick auf Umweltbelastungen verbessert und präventive Strategien entwickelt werden. Das IUF widmet sich den biologischen Wirkungen, die Umweltschadstoffe (insbesondere Partikel und nichtionisierende Strahlung) auf den menschlichen Organismus ausüben. Dabei stehen umweltinduzierte Alterungsprozesse und umweltinduzierte Störungen des Immunsystems, besonders Allergien, im Vordergrund des Interesses. Diese Untersuchungen werden durch die im Institut vorhandene wissenschaftliche Kompetenz fächerübergreifend durchgeführt. So verfügt das Institut über Expertise in den Bereichen Zellbiologie, Immunologie und Allergologie, Toxikologie, Epidemiologie und molekulare Altersforschung.

Im Bereich Partikelforschung werden die molekularen Mechanismen gesundheitsschädigender Wirkungen untersucht, die aus der Belastung mit Umweltpartikeln resultieren. Sowohl "Real-life"-Partikel wie PM (Feinstäube), inhalierbare Quarzpartikel und Nanopartikel als auch sorgfältig entwickelte Modellpartikel werden in *in-vitro*- und *in-vivo*-Experimenten eingesetzt. Gegenwärtige Forschungsprojekte konzentrieren sich auf die partikelinduzierte Aktivierung von Signalwegen, die bei der Ausbildung inflammatorischer und proliferativer Prozesse eine Rolle spielen, sowie auf die Effekte von Partikeln hinsichtlich DNS-Schädigung und -Reparatur.

Zukünftige Arbeiten und Themenschwerpunkte (Horizont 1-2 Jahre)

- *In-vitro* und *in-vivo* Untersuchungen zur Bestimmung der Rolle ultrafeiner PM bei der Induktion pulmonaler Entzündung und Toxizität:
Die ultrafeine Komponente von Umweltstäuben wird als Hauptfaktor bei den gesundheitsschädigenden Effekten von Feinstäuben angesehen. Diese Hypothese

hat sich jedoch hauptsächlich durch die Untersuchung kommerziell erhältlicher Modell-Nanopartikel (TiO₂, CB, etc.) entwickelt. Studien mit Umwelt-Nanopartikeln sind nicht ausreichend durchgeführt. Eine zentrale Aufgabe unserer Untersuchungen ist die Bestimmung der Bedeutung der Ultrafein-Fraktion von PM bei der Induktion spezifischer Marker von Entzündung und Toxizität in verschiedenen biologischen Testsystemen.

- Identifikation molekularer Mechanismen, denen eine Bedeutung bei partikel-induzierten gesundheitsschädigenden Effekten beigemessen wird:
Eine Hauptaufgabe des IUF ist die Verbesserung unseres Verständnisses fundamentaler Mechanismen Partikel-bedingter Effekte, die wir und andere Forschergruppen in den vergangenen Jahren identifiziert haben. Dies wird zur Entwicklung von Wissen und Handwerkszeug für die molekulare Präventivmedizin beitragen. Deshalb sind kontrollierte Expositionsstudien an speziellen knockout oder transgenen Mausmodellen unter besonderer Berücksichtigung von Makrophagenfunktion (Phagozytose, Induktion von Entzündung) und Induktion von DNA-Schädigung, Proliferation und Gewebeumbau geplant.
- Quasi-online Bestimmung der Kapazität von PM, reaktive Sauerstoffspezies zu produzieren (mit IUTA Duisburg):
Insbesondere inflammatorische Effekte werden zurzeit als ein Wirkmechanismus von Staub im Bereich der gesundheitsschädigenden Auswirkungen untersucht. Die quasi-online Bestimmung der Kapazität von Partikeln, reaktive Sauerstoffspezies zu produzieren, ermöglicht eine direkte Bestimmung dieses Potenzials und anschließende Kopplung mit der Effektforschung.

Referenzen/Veröffentlichungen

Thema Feinstaub

- Knaapen AM, Schins RPF, Steinfartz Y, Höhr D, Dunemann L, Borm PJA. Ambient particulate matter induces oxidative DNA damage in lung epithelial cells. *Inhal Toxicol* 2000; 12(3): 125-132.
- Schins RPF, Knaapen AM, Weishaupt C, Winzer A, Borm PJA. Cytotoxic and inflammatory effects of coarse and fine particulate matter in macrophages and epithelial cells. *Ann Occup Hyg* 2002;46(suppl.1);203-206.
- Knaapen AM, Shi T, Borm PJA, Schins RPF. Soluble metals as well as the insoluble particle fraction are involved in cellular DNA damage induced by particulate matter. *Molecular and Cellular Biochemistry* 2002;234/235:317-326.
- Shi T, Schins RPF, Knaapen AM, Kuhlbusch T, Pitz M, Heinrich J, Borm PJA. Hydroxyl radical generation by electron paramagnetic resonance as a new method to monitor ambient particulate matter composition. *J Environ Monitor* 2003; 5: 550-556.
- Shi T, Knaapen AM, Begerow J, Birmili W, Borm PJA, Schins RPF. Hydroxyl-radical generation and formation of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine by coarse and fine particulate matter. *Occup Environ Med* 2003; 60: 322-329.
- Baulig A, Poirault JJ, Ausset P, Schins R, Shi T, Baralle D, Dorlhene P, Meyer M, Lefevre R, Baeza-Squiban A, Marano F. Physico-chemical characteristics and biological activities of seasonal atmospheric particulate matter sampling in two locations of Paris. *Environ Sci Technol* 2004; 38: 5985-92.

- Schaumann F, Borm PJA, Herbrich A, Knoch J, Pitz M, Schins RPF, Luettich B, Hohlfeld JM, Heinrich J, Krug N. Metal rich ambient particles (PM_{2.5}) cause airway inflammation in healthy volunteers. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;170:898–903.
- Schins RPF, Lightbody J, Borm PJA, Donaldson K, Stone V. Inflammatory effects of coarse and fine particulate matter in relation to chemical and biological constituents. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2004;195:1-11.
- Sorensen M, Schins RPF, Hertel O, Loft S. Transition metals in personal samples of PM_{2.5} and oxidative stress in human volunteers. *Cancer Epidem Biomarkers Prev* 2005;14:1340-1343.
- Shi T, Duffin R, Borm PJA, Li H, Weishaupt C, Schins RPF. Involvement of hydroxyl radical generation in particulate matter induced DNA damage. *Environ Res* 2006;101:18-24.
- Borm PJA, Kelly F, Kunzli N, Schins RPF, Donaldson K. Oxidant generation by particulate matter: from biologically effective dose to a promising new metric. *Occup Environ Med* 2007;64:73-74.

Weitere Publikationen und Übersichtsarbeiten Partikeltoxikologie

- Donaldson K, Stone V, Borm PJA, Jimenez LA, Gilmour PS, Schins RPF, Knaapen AM, Rahman I, Faux SP, Brown DM, MacNee W. Oxidative stress and calcium signalling in the adverse effects of environmental particles (PM₁₀). *Free Radical Biology and Medicine* 2003; 34: 1369-1382.
- Albrecht C, Schins RPF, Höhr D, Becker A, Shi T, Knaapen AM, Borm PJA. Inflammatory time course following quartz instillation: role of TNF-alpha and particle surface. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2004; 31: 292-301.
- Borm PJA, Schins RPF, Albrecht C. Inhaled particles and lung cancer. Paradigms and risk assessment. *Int J Cancer*. 2004; 110: 3-14.
- Albrecht C, Knaapen AM, Becker A, Hoehr D, Haberzettl P, van Schooten FJ, Borm PJA, Schins RPF. The crucial role of particle surface-reactivity in respirable quartz-induced reactive oxygen/nitrogen species formation and APE/Ref-1 induction in rat lung. *Respiratory Research* 2005;6:129.
- Albrecht C, Höhr D, Haberzettl, Becker A, Borm PJA, Schins RPF. Surface-dependent quartz-uptake by macrophages: potential role in pulmonary inflammation and lung clearance. *Inhal Toxicol* 2007;19(suppl 1):39-48
- Unfried K, Albrecht C, Klotz LO, von Mikecz A, Grether-Beck S, Schins RPF. Cellular responses to nanoparticles: target structures and mechanisms. *Nanotoxicol* 2007;1:52-71
- Singh S, Shi T, Duffin R, Albrecht C, van Berlo D, Höhr D, Fubini B, Fenoglio I, Martra G, Borm PJA, Schins RPF. Endocytosis, oxidative stress and IL-8 expression in human lung epithelial cells upon treatment with fine and ultrafine TiO₂: role of particle surface area and of surface methylation of the particles. *Toxicol Applied Pharmacol* 2007;222:141-151.
- Haberzettl P, Duffin R, Krämer U, Höhr D, Schins RPF, Borm PJA, Albrecht C. Actin plays a crucial role in the phagocytosis and biological response to respirable quartz particles in macrophages. *Arch Toxicol* 2007;81:459-470.
- Li H, Haberzettl P, Albrecht C, Höhr D, Knaapen AM, Borm PJA, Schins RPF. Inhibition of the mitochondrial respiratory chain function abrogates quartz induced DNA damage in lung epithelial cells. *Mutat Res (Fund Mol Mech Mutagen)* 2007;617:46-57.

Programm für das Treffen
"Feinstaubforschung in NRW"



am
13. November 2007
im
IUTA e.V. ,Duisburg

Thema	Zeitablauf	Gruppe/Person	Institution	Titel
	09:30	K.-G. Schmidt	IUTA	Willkommen
	09:40	T. Kuhlbusch	IUTA	Willkommen
	09:45	P. Bruckmann	LANUV	Einführung
Emission	10:00	K.J. Geueke	LANUV	Emissionsmessungen in NRW
	10:10	A.C. John	IUTA	Bestimmung diffuser Emissionen/Emissionsfaktoren
Technik/	10:20	D. Gonsior / C. Helsper	SIJ, FH Aachen	Feinstaubfiltration an LKW-Dieselmotoren (ausgefallen)
Prozesse/	10:30	F. Schmidt	UNI Dui-Essen	Filtertest für Innenräume / Sublimation submikroner Partikel
	10:40	P. Bruckmann	LANUV	PM10, PM2.5 und Inhaltsstoffe
	10:50	A. Brandt / S. Wurzler	LANUV	Emissionskataster: PM10, PM2.5, PM1, UFP?
Modellierung	11:00	S. Wurzler	LANUV	Modellierung und Ursachenanalyse
	11:10	Pause		
	11:30	M. Memmesheimer	RIU	Ausbreitungsrechnungen für Feinstaub
Messungen/	11:40	S. Wurzler	LANUV	PM10, PM2.5 und Maßnahmen
Maßnahmen	11:50	A. Hirner	UNI Dui-Essen	Traceranalytik und Traceranwendungen für Feinstaub
	12:00	U. Quass	IUTA	Messtechnische Entwicklungen: NSAM, ESR, Impaktoren, TXRF
	12:10	K. Nalpantidis	RUB	Russanalytik
	12:20	K. Weber	FH Düsseldorf	Feinstaubmessungen
	12:30	E. Schmidt	Uni Wuppertal	Feinstaub - Entstehung, Charakterisierung, Minderung, Abscheidung
	12:40	R. Zellner	UNI Dui-Essen	Aktivitäten und Interessen im Bereich Feinstaub
	12:50	M. Thönessen	Uni Köln	Filterwirkungen von Pflanzen
	13:00	Pause	Mittagssnack	
	13:30	S. Weber	UNI Dui-Essen	Verkehrsemissionen in Essen, Masse und Anzahlkonzentrationen
	13:40	T. Kuhlbusch	IUTA	Partikelcharakterisierung und Quellenzuordnung

	13:50	S. Janson / D. Klemp	Jülich ICG-2	Charakterisierung der Quellverteilung von Feinstaub und Stickoxiden in Ballungsgebieten
	14:00	J. Gietl / O. Klemm	Uni Münster	Quellenidentifizierung des Feinstaubes in Münster
Epidemiologie	14:10	B. Hoffmann	Uniklinik Essen	Gesundheitliche Effekte
	14:20	U. Ranft	IUF Düsseldorf	Einfluss einer langzeitigen Feinstaubbelastung auf die Entstehung chronischer Erkrankungen und altersbedingter Veränderungen - die SALIA-Studie
	14:30	G. Eberwein	LANUV	Epidemiologische Untersuchungen von Feinstaub
Toxikologie	14:40	E. Dopp	Uniklinik Essen	Feinstaubtoxikologie
	14:50	C. Albrecht / R. Schins	IuF Düsseldorf	Toxikologie von Feinstaub: Mechanismen und Beurteilung
	15:00	Diskussion		
	16:00	Ausklang		

Organisation und Ansprechpartner: Thomas Kuhlbusch,
 Bereich „Luftgetragene Partikel / Luftreinhaltung“,
 IUTA,
 Bliersheimerstr. 60, 47229 Duisburg,
tky@iuta.de, Tel.: 02065/418-267