

Berichte aus der Umwelttechnik

Md. Aynul Bari

**Investigation of Particulate Matter Originating
from Wood Combustion in Residential Areas**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag
Aachen 2009

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2009

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8376-6

ISSN 0945-1013

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Abstract

During winter especially in residential villages, wood is used as a renewable fuel to a certain extent for room heating. Smoke emitted from wood burning in such areas can be a significant contributor to regional haze and high PM₁₀ concentrations. Exposure to elevated levels of wood smoke is likely to have both short and long-term negative health effects. This includes the increasing risk of cancer caused by some of wood smoke compounds. Therefore, the objective of this study was to find a method to determine the contribution of wood smoke particles to the total PM₁₀ load in residential areas. The developed method was applied during two winter seasons in two residential areas. From November 2005 to March 2006 particle-phase PM₁₀ samples were collected in Dettenhausen near Stuttgart which is surrounded by forests of the "Naturpark Schönbuch". Within an UBA (Federal Environment Agency) project samples were also collected during winter 2006/07 in the residential site Bechtoldsweiler near Hechingen. These ambient air samples were collected on pre-baked quartz fibre filters and analysed by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Forty-six different organic compounds were detected and quantified in this study including 16 US EPA priority pollutants (PAHs), different organic wood smoke tracers, primarily 21 species of syringol and guaiacol derivatives which result from the pyrolysis of wood lignin, a thermal degradation products of wood cellulose (e.g. levoglucosan) and resin acid (e.g. dehydroabietic acid). The concentrations of these compounds in ambient air were compared with the fingerprints of emissions from hardwood and softwood combustion carried out in test facilities at Universität Stuttgart and field investigations at a wood stove during real operation in Dettenhausen. It was observed that in the ambient air PM₁₀ samples the wood combustion PAHs were detected in higher concentrations than other PAHs. Syringol and its derivatives were found in large amounts in hardwood combustion but were not detected in softwood combustion emissions. On the other hand, guaiacol and its derivatives were found in softwood combustion but were not detected in significant quantities from hardwood combustion. So, these compounds can be used as typical tracer compounds for the different types of wood combustion emissions. In ambient air samples, both syringol and guaiacol derivatives were found which indicates the wood combustion contribution to the PM load in such residential areas. Levoglucosan, which is well known in the literature described as typical tracer for wood combustion was detected in relatively high concentrations in all ambient PM₁₀ samples. From the correlation of ambient concentrations of levoglucosan and dehydroabietic acid with PM₁₀, it can be qualitatively demonstrated that in the investigated residential site about 36 to 64% of ambient mass concentrations of PM₁₀ can be attributed to residential wood burning.

A source apportionment model, the "Positive Matrix Factorization" was implemented to quantify the wood smoke contribution to the winter ambient air pollution in the residential area. Wood smoke was found as the largest contributor (49%) to the PM₁₀-bound organic loadings in the winter ambient air of the investigated residential area.

Kurzfassung

In ländlichen Wohngebieten wird im Winter zum Teil Holz als erneuerbarer Brennstoff zur Raumheizung eingesetzt. Der Rauch, der in solchen Gebieten durch die Holzverbrennung emittiert wird, kann zu einem erheblichen Teil zu regionalem Smog und hohen PM₁₀-Konzentrationen beitragen. Die Exposition gegenüber erhöhten Konzentrationen von Holzfeuerungsrauch können sowohl gesundheitliche Kurzzeit- und Langzeiteffekte auslösen. Das schließt ein erhöhtes Krebsrisiko ein, verursacht durch manche Holzfeuerungsabgaskomponenten. Deshalb war es das Ziel dieser Arbeit eine Methode heraus zu finden, mit der Anteil der Partikel aus Holzfeuerungsrauch zur gesamten PM₁₀-Belastung in Wohngebieten bestimmt werden kann. Die entwickelte Methode wurde während zwei Winter in zwei Wohngebieten eingesetzt. Von November 2005 bis März 2006 wurden PM₁₀-Staubproben in Dettenhausen, nahe bei Stuttgart gelegen, gesammelt. Dettenhausen ist umgeben von den Wäldern des Naturparks Schönbuch. Im Rahmen eines Umweltbundesamt-Projektes wurden des weiteren im Winter 2006/07 PM₁₀-Proben in den reinen Wohnort Bechtoldsweiler bei Hechingen gezogen. Diese Umgebungsluftproben wurden auf ausgeheizten Quarzfaserfiltern gesammelt und anschließend mit der Gaschromatografie-Massenspektrometrie (GC-MS) analysiert. Es wurden 46 verschiedene organische Luftverunreinigungen (PAK), verschiedene organische Holzfeuerungsrauch-Leitkomponenten, insbesondere 21 Arten von Syringol- und Guaiacol-Derivaten, die aus der Pyrolyse des im Holz enthaltenen Lignins stammen, des weiteren thermische Zersetzungspunkte aus der Holz-Zellulose und Resin-Säure, z.B. die Dehydroabietic-Säure. Die Konzentrationen und Verhältnisse dieser Stoffe in der Umgebungsluft wurden mit den "Fingerabdrücken" aus der Laub- und Nadelholzverbrennung verglichen, die an den Versuchsständen des Instituts für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen an der Universität Stuttgart und durch Feldversuche an einen Holzbefeuerten Ofen in Dettenhausen während realer Betriebsweise gewonnen wurden. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass Holzfeuerungs-PAK in den Umgebungsluft-Partikelproben in höheren Konzentrationen vorkamen als andere PAK. Syringol und seine Derivate wurden in hohen Anteilen bei der Laubholzverbrennung festgestellt, bei der Nadelholzverbrennung wurden diese Stoffe dagegen nicht gefunden. Andererseits traten Guaiacol und seine Derivate bei der Nadelholzfeuerungen auf, bei der Laubholzverbrennung konnten sie dagegen nicht in signifikanten Mengen festgestellt werden. Deshalb können diese Stoffe als typische Tracerverbindungen für die verschiedenen Arten der Holzfeuerungsmissionen verwendet werden. In den Umgebungsluft-PM-Proben wurden sowohl Syringol- als auch Guaiacol-Derivate gefunden, was ein Indikator für den Holzverbrennungsbeitrag zur Staubbelastung in Wohngebieten ist, in denen mit Holz geheizt wird. Levoglucosan, das in der Literatur als bekannter und typischer Tracer für Holzverbrennung beschrieben ist, wurde in relativ hohen Konzentrationen in allen PM₁₀-Umgebungsluftproben gefunden. Aus Korrelationen der Konzentrationen dieses und weiterer Tracersubstanzen mit den PM₁₀-Konzentrationen kann der Anteil der Holzverbrennungsabsage an den PM₁₀-Konzentrationen im untersuchten Wohngebiet zu 36 bis 64% abgeschätzt werden.

Zum Schluss wurde ein statistisches Quellenidentifizierungs-Modell, die "Positive-Matrix-Faktorisierung", angewendet, um in den Wintermonaten den Anteil der Holzfeuerungsabsage zur Staubbelastung in Wohngebieten zu quantifizieren. Holzfeuerungsrauch wurde im Winter mit 49% als der größte Verursacher der organisch gebundenen PM₁₀-Belastung in der Umgebungsluft der untersuchten Wohngebiete identifiziert.