



Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinf Feuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen



Fachtagung am 13. November 2007

UmweltSpezial



Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

Fachtagung am 13. November 2007

UmweltSpezial

Impressum

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen
Fachtagung des LfU am 13. November 2007
ISBN (Online-Version): 978-3-940009-50-0

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Redaktion:

LfU Referat 12

Druck:

Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

November 2007

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalt nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Begrüßung und Einführung	5
Dr. Michael Rössert, LfU	
Stand der Novellierung der 1. BImSchV	7
Anja Behnke, Umweltbundesamt	
Das KW – Konzept zur Verminderung von Rauchgasemissionen	17
Günter Fischer, Firma Kutzner + Weber	
Pelletheizanlage mit integriertem Feinstaubfilter	22
Thomas Bleul, Fa. Spanner GmbH	
Einfluss der Gebäudeheizungen auf die Feinstaub-Immissionen im Raum Augsburg	33
J. Schnelle-Kreis ^{1,3} , R. Zimmermann ^{1,2,3} , G. Seibert ² , J. Orasche ¹ , M. Gaderer ⁴ , R. Kunde ⁴ , G. Schmoeckel ⁵ , J. Diemer ⁵ , T. Gratzta ⁶ , K. Schäfer ⁷	
Zusammensetzung und Eigenschaften von Feinstaub aus Holzfeuerungen	48
Dipl.-Ing. und Dipl.-EWi (FH) Volker Lenz, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH	
Feinstaubbelastung im Umfeld von Pellet- und Scheitholzkesseleln	56
Robert Kunde, Max Lautenbach, Matthias Gaderer, Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V., Garching; Gerhard Schmoeckel, LfU	
Immissionsbelastungen durch Gebäudeheizungen, Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen für ein ländliches und ein städtisches Modellgebiet	66
Alfred Trukenmüller, Umweltbundesamt	
Tagungsleitung / Referenten	93

Begrüßung und Einführung

Dr. Michael Rössert, LfU

Sehr geehrte Damen und Herren,
sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

ich begrüße Sie recht herzlich zu unserer Fachtagung „Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungsanlagen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen“. Wir freuen uns, dass diese Veranstaltung auf ein so großes Interesse gestoßen ist und Sie sehr geehrte Teilnehmer aus den unterschiedlichsten Bereichen wichtige Gruppen abdecken, die sich mit diesem schon seit längerem aktuellen und derzeit sogar hochaktuellem Thema beschäftigen. Vielen Dank für ihr Kommen.

Wie hochaktuell dieses Thema ist, zeigt ein Artikel im SPIEGEL ONLINE vom 25.09.2007 „Holzheizungen sorgen für dicke Luft in Kurorten“ mit den Kernbotschaften: „Holzheizungen stoßen inzwischen mehr Feinstaub aus als der gesamte deutsche Autoverkehr“ und „Jetzt könnten Kurorte ihren lukrativen Status verlieren, weil die Luft zu dick ist“.

Wie lang dieses Thema schon aktuell ist, zeigt z. B., dass wir hier in diesem Vortragssaal vor fast vier Jahren am 10.12.2003 eine Fachtagung zu den „Anforderungen an Holz-Kleinfeuerungsanlagen bei der Novellierung der 1. BImSchV“ veranstalteten. Auch damals durfte ich die Begrüßung und Einführung übernehmen. Dabei begrüßte ich besonders einen Kollegen aus dem Umweltbundesamt mit dem Hinweis, dass er die sicherlich nicht leichte Aufgabe hat, aus den zahlreichen Wünschen, Forderungen und Anregungen einen Entwurf für eine neue 1. BImSchV vorzubereiten. Dass der Hinweis auf eine nicht leichte Aufgabe bei weitem untertrieben war, wissen wir heute. In Zeiten, bei denen Lobbyarbeit einen hohen Rang hat, waren massive Angriffe nicht ausgeblieben in einem Maße, als ob es sich bei den Vorschlägen für eine Novellierung der 1. BImSchV um das reine Teufelszeug handeln würde.

Damals sind wir noch von ca. 500.000 Holz-Einzelfeuerstätten in Bayern ausgegangen, heute sprechen wir von ca. 2 Millionen. Dass in diesem Zeitraum derart viele Einzelfeuerstätten hinzugekommen sind, glauben wir jedoch nicht. Diese beiden doch sehr unterschiedlichen Zahlen belegen daher eher eine unsichere Datenlage.

Dennoch ist es Tatsache, dass der Brennstoff Holz immer mehr auch in dichter besiedelten Gebieten zum Einsatz kommt und dabei auch in Städte vordringt. Der Betreiber einer entsprechenden Anlage ist sich sicher, einen positiven Beitrag zum CO₂-Kreislauf und damit zum Klimaschutz zu leisten. Vielen dürfte aber nicht bewusst sein, dass die Emissionen von Holzfeuerungsanlagen auch einen weniger positiven Beitrag zum Umweltschutz liefern können.

Unser Ziel ist es nicht, feste Biomasse schlecht zu machen, sondern vielmehr sicherzustellen, dass die Belange des Immissionsschutzes gewahrt bleiben, indem die besten verfügbaren Techniken zum Einsatz kommen, bzw. dort, wo sie unserer Meinung nach noch nicht ausreichen, entsprechend entwickelt werden.

Auf unserer heutigen Veranstaltung interessiert es uns natürlich als erstes, den „Stand der Novellierung der 1. BImSchV“ zu erfahren. Hierzu haben wir Frau Anja Behnke vom Umweltbundesamt gewinnen können.

Darauf aufbauend wollen wir natürlich wissen, wie der „Stand der Entwicklungsarbeiten an Staubabscheidern für Holz-Kleinfeuerungen“ aussieht. Hierzu werden Herr Fischer von der Fa. Kutzner und Weber GmbH über „Elektrofilter für Kaminöfen“, Herr Bleul von der Fa. Spanner GmbH über „Elektrofilter für Holz-Heizkessel“ und Herr Winkel von der Fa. Winkel über „Metallgewebefilter für Biomasse-Heizkessel“ vortragen. Die Entwicklung dieses Metallgewebefilters wurde vom Bay. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz im Rahmen der EU-Strukturförderung für regionale Entwicklung (EFRE) finanziell unterstützt.

Nach der Kaffeepause, die Zeit lässt, das Thema Staubabscheidung weiter im persönlichen Gespräch zu vertiefen, trägt Herr Dr. Schnelle-Kreis vom Bayerischen Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik (BIfA) vor über das derzeit noch laufende Forschungsprojekt des Bayer. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz „Einfluss der Gebäudeheizung auf die Feinstaub-Immissionen im Raum Augsburg“.

Nach der Mittagspause berichtet Herr Lenz vom Institut für Energetik und Umwelt über die „Zusammensetzung und Eigenschaften von Feinstaub aus Holzfeuerungen“, ein Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt.

Nach der kurzen Nachmittags-Kaffeepause widmen wir uns den Ergebnissen von zwei Forschungsvorhaben zur Abschätzung der Auswirkungen der Staubemissionen von Gebäudeheizungen auf die Immissionsbelastung in der Umgebung. Über die Ergebnisse für zwei ländliche Modellgebiete berichtet Herr Kunde von Bayer. Zentrum für angewandte Energieforschung e. V. aus einem Projekt, das vom Bay. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz im Rahmen der EU-Strukturförderung für regionale Entwicklung (EFRE) finanziert und von uns betreut wurde. Über die Ergebnisse für ein ländliches und ein städtisches Modellgebiet trägt anschließend Herr Dr. Trukenmüller aus einem Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes vor.

Dieses v. g. Forschungsvorhaben stellt das Umweltbundesamt in einer eigenen Fachtagung unter Mitwirkung der am Projekt beteiligten Institute hier in unserem Vortragssaal morgen am 14.11.2007 von 09:00 bis 14:30 umfassend vor. Dabei werden Vorgehensweise und Ergebnisse aufgezeigt und diskutiert. Ziel dieses Projektes ist es u. a. ein Arbeitsblatt aufzubauen, mit dessen Hilfe für beliebige Anwendungsfälle Prognosen für die Immissionszusatzbelastung durch Gebäudeheizungen erstellt werden können. Bei den Moderatoren dieser Fachtagung, den Herren Dr. Hummel und Dr. Trukenmüller, bedanke ich mich dafür, dass Sie Ihre Veranstaltung hier bei uns im LfU abhalten. Zu dieser Veranstaltung darf ich sie alle auch im Namen des Umweltbundesamtes recht herzlich einladen. Es wäre schön, wenn Sie sich noch hierfür die Zeit nehmen könnten.

Wir bedanken uns sehr bei allen Referenten für ihre Bereitschaft, die heutige Fachveranstaltung mit zu gestalten. Besonders danken wir für die rechtzeitige Abgabe der Vortragsmanuskripte. Nur so war es unserer bewährten hausinternen Veranstaltungsscrew möglich, den Tagungsbericht den Teilnehmern zur Veranstaltung auszuhändigen.

Wir sehen die heutige Veranstaltung vor allem auch als Diskussionsveranstaltung. Den Zeitrahmen für die einzelnen Vorträge haben wir daher insgesamt großzügig bemessen, damit auch ausreichend Zeit für Diskussionen zur Verfügung steht. Raum für persönliche Gespräche geben die insgesamt drei Pausen.

Das Thema unserer heutigen Veranstaltung lässt lebhaftere und vielleicht auch intensive Diskussionen erwarten. Vor uns dürfte daher ein interessanter Tag liegen, der uns insbesondere weitere Argumente für eine effektive Reduzierung der Staubemissionen aus Holzfeuerungen zur Hand gibt. Dies nicht nur im Sinne des Immissionsschutzes sondern auch im Sinne des Klimaschutzes, da eine Reduzierung der Emissionen aus Holzheizungen deren Akzeptanz auch im städtisch verdichteten Raum erhöht.

Ich bitte die Vortragenden sich jeweils selbst kurz vorzustellen.

Stand der Novellierung der 1. BImSchV

Anja Behnke, Umweltbundesamt

Ausgangslage

Kleine und mittlere Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher sind eine der Hauptemissionsquellen für eine Vielzahl von Luftschadstoffen, u. a. für besonders gesundheitsgefährdende Stoffe wie Feinstaub und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Vor allem kleine Holzfeuerungsanlagen tragen zu diesen Emissionen bei.

Gleichzeitig soll die energetische Nutzung von Holz und anderen biogenen Brennstoffen aus Gründen des Klimaschutzes weiter ausgebaut werden. Dieser Ausbau kann nur dann eine breite Akzeptanz finden, wenn er unter Einsatz moderner Anlagentechnik möglichst umweltverträglich erfolgt. Als flankierendes Instrument hierzu sind anspruchsvolle Umwelanforderungen an den Betrieb der Anlagen zu stellen, die eine effiziente und emissionsarme Energieumwandlung gewährleisten.

Der Betrieb von nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen wird in der 1. BImSchV (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) geregelt.

Eine Novellierung dieser Verordnung ist aufgrund der technischen und rechtlichen Entwicklungen seit der letzten umfassenden Änderung der Anforderungen für Anlagen mit festen Brennstoffen im Jahr 1988 dringend notwendig geworden. Die Anforderungen müssen an den verbesserten Stand der Technik der Emissionsminderung angepasst werden. Außerdem ist bei der Festsetzung der Grenzwerte die durch Holzfeuerungsanlagen verursachte Immissionsbelastung zu berücksichtigen. Dies ist vor allem wichtig, weil der Regelungsbereich der 1. BImSchV von verschiedenen EG-Richtlinien zur Luftreinhaltung berührt wird, z. B. von der Richtlinie 96/62/EG über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität (Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie) und deren Tochterrichtlinien (u. a. zur Begrenzung der Feinstaubimmissionen).

Novellierung der 1. BImSchV

Im Juni dieses Jahres hat das BMU einen Referentenentwurf für eine novellierte 1. BImSchV vorgelegt. Anfang September fand zu diesem Entwurf die Anhörung der Verbände und der Länder statt. Dieser Referentenentwurf sieht die folgenden Neuerungen vor:

Senkung der Leistungsgrenze für anspruchsvolle Emissionsgrenzwerte

Mit der Senkung der Leistungsgrenze für Emissionsanforderungen und deren Überwachung von 15 auf vier Kilowatt Nennwärmeleistung sollen künftig alle Heizkessel der privaten Haushalte von den Emissionsanforderungen erfasst werden. Die Senkung der Leistungsgrenze wird notwendig, weil auf Grund des gesunkenen Wärmebedarfs von Wohngebäuden heute vielfach Anlagen mit einer Nennwärmeleistung knapp unter 15 kW installiert werden.

Festlegung von Anforderungen an die Begrenzung des Schadstoffausstoßes für Einzelraumfeuerungen

Derzeit gelten für Einzelraumfeuerungsanlagen – also z. B. Kaminöfen oder Kachelöfen – in den meisten Fällen keine Anforderungen an die Emissionen, obwohl sie unter den Kleinf Feuerungsanlagen zu

den Hauptverursachern der Schadstoffemissionen zählen. Für diese Anlagen sollen Emissionsgrenzwerte für Staub und CO sowie Mindestwirkungsgrade vorgegeben werden, die bei der Typprüfung einzuhalten sind. Die Festlegung der Grenzwerte erfolgt in zwei Stufen, von denen die erste kurz nach Inkrafttreten der Verordnung, die zweite im Jahr 2015 jeweils für neu errichtete Anlagen wirksam wird. Diese Regelung soll Anlagenherstellern die Planungssicherheit geben, die nötig ist, um die Weiterentwicklung der Anlagentechnik unter gesicherten Randbedingungen voranzutreiben.

Tab. 1: Zusammenfassung der Grenzwerte für Einzelraumfeuerungsanlagen

Emissionsgrenzwert Errichtung nach Inkrafttreten		Emissionsgrenzwert Errichtung nach dem 31.12.2014		Errichtung nach Inkrafttreten
CO [g/m ³]	Staub [g/m ³]	CO [g/m ³]	Staub [g/m ³]	Mindestwirkungsgrad [%]
0,25 (Pelletöfen) bis 2,5 (sonstige)	0,05 (Pelletöfen) bis 0,10 (sonstige)	0,2 (Pelletöfen) bis 1,25 (sonstige)	0,02 (Pelletöfen) bis 0,04 (sonstige)	70 - 90

Nach einer großzügigen Übergangsfrist müssen Betreiber von Altanlagen ebenfalls nachweisen, dass ihre Anlagen die Emissionsgrenzwerte der ersten Stufe einhalten. Dies können sie etwa, indem sie eine Vor-Ort-Messung in Anlehnung an die Typenprüfung veranlassen oder indem sie die Anlagen mit einem Staubabscheider, der dem Stand der Technik entspricht, nachrüsten. Anlagen, die diesen Nachweis nicht erbringen können und nicht nachgerüstet werden, müssen ausgetauscht werden.

Verschärfung der Emissionsgrenzwerte für Kohlenmonoxid (CO) und Staub für Heizkessel

Die im Betrieb einzuhaltenden Emissionsgrenzwerte für CO und Staub sollen nicht nur auf Anlagen mit geringerer Nennwärmeleistung ausgeweitet, sondern auch deutlich verschärft werden. Auch bei Heizkesseln soll die Fortschreibung der Grenzwerte in zwei Stufen erfolgen, um die Planungssicherheit für die Weiterentwicklung der Anlagentechnik zu gewährleisten.

	Nennwärmeleistung	Staub [g/m ³]	CO [g/m ³]
Stufe 1: Errichtung nach Inkrafttreten	≥ 4	0,06 - 0,1	0.3 - 1.0
Stufe 2: Errichtung nach dem 31.12.2014	≥ 4	0.02	0.3 - 0.4

Tab. 2: Geplante Grenzwerte für Heizkessel

Bessere Beratung der Betreiber

Werden neue Holzfeuerungsanlagen in Betrieb genommen, sollen ihre Betreiber künftig besser beraten werden. Dies kann der Schornsteinfeger bei der Abnahme der Anlage leisten. Außerdem soll er die ohnehin im Abstand von fünf Jahren stattfindende Feuerstättenschau dazu nutzen, den technischen Zustand der Feuerungsanlage und das Brennstofflager zu prüfen.

Zulassung von Getreide als Regelbrennstoff

Mit der Aufnahme von Getreide in die Regelbrennstoffliste wird die Nutzung von Getreide als Brennstoff zunächst den Betrieben ermöglicht, die Getreide anbauen oder verarbeiten. Damit wird dem erheblichen Interesse von Seiten der Landwirtschaft Rechnung getragen.

Aufgrund der im Vergleich zu Holz erhöhten Elementargehalte an Stickstoff und Chlor muss allerdings mit einem erhöhten Emissionspotenzial u. a. in Bezug auf Stickstoffoxide, HCl und PCDD/ PCDF gerechnet werden. Deshalb ist vorerst eine Begrenzung des Einsatzes von Getreide auf Betriebe vorgesehen, die Getreide erzeugen oder verarbeiten. Erst wenn sichergestellt ist, dass die Emissionen von Getreidefeuerungen im realen Betrieb ein akzeptables Niveau nicht überschreiten, kann die Getreideverbrennung für sonstige Betreiber zugelassen werden. Diese Freigabe kann nach frühestens vier Jahren durch eine Bekanntmachung des BMU in Einvernehmen mit den Umweltministerien der Länder und dem BMELV erfolgen.

Ausblick

Das Umweltbundesamt schätzt, dass die Feinstaubemissionen aus kleinen Holzfeuerungsanlagen trotz des weiter ansteigenden Holzeinsatzes bis zum Jahr 2025 um fast 60 % sinken werden, wenn die Novelle der 1. BImSchV in der geplanten Form umgesetzt wird. Einen verhältnismäßig großen Anteil am Rückgang der Emissionen hat die geplante Regelung für Altanlagen. Gerade alte Einzelraumfeuerungsanlagen verursachen häufig hohe Emissionen und können über einen sehr langen Zeitraum betrieben werden.



**Umwelt
Bundes
Amt**
Für Mensch und Umwelt

Novellierung der 1.BImSchV

Übersicht

- Ausgangslage
- Novelle der 1.BImSchV – die wesentlichen Regelungen der geplanten Novelle
- Stand der Arbeiten

13.11.072

Ausgangslage

Derzeitiger Anlagenbestand in Deutschland

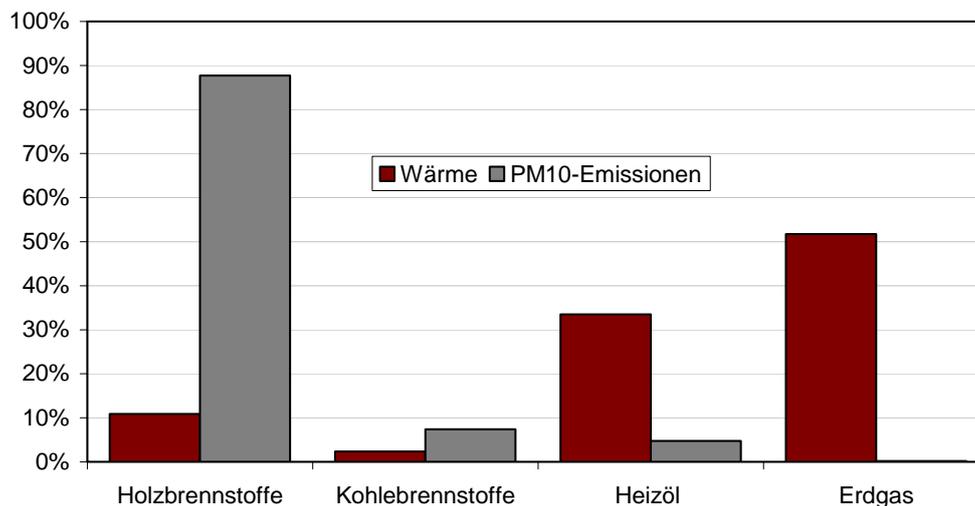
- rund 14 Mio. Einzelraumfeuerungen für Festbrennstoffe (Tendenz steigend)
- rund 0,66 Mio. Heizkessel für Festbrennstoffe (Tendenz steigend)

Emissionsbegrenzungen für Festbrennstoffe: Stand der Technik von 1988

1.BImSchV-Novelle / Ausgangslage

- Holz als regenerative Energiequelle soll verstärkt zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden
- Verstärkter Holzeinsatz in KFA führt zu Problemen für die Luftqualität
- Weiterentwicklung des Standes der Technik seit der letzten umfassenden Novellierung für Festbrennstoffe
- Umsetzung von EG-rechtlichen Regelungen und internationalen Verpflichtungen (u.a. Luftqualitäts-Richtlinie der EU; Protokolle zur Genfer Luftreinhaltekonvention)
- Forderungen aus den Ländern und der Landwirtschaft Getreide als Regelbrennstoff aufzunehmen

Entwicklung der Feinstaubemissionen aus Anlagen der 1.BImSchV



13.11.07

5

Feste Brennstoffe - Emissionsbegrenzung bei Einzelraumfeuerungsanlagen

- Einzelraumfeuerungen sind maßgeblich am Emissionsaufkommen von Kleinf Feuerungsanlagen beteiligt
 - ca. 14 Mio. Einzelraumfeuerungen
 - etwa 70% der Feinstaubemissionen aus kleinen Holzfeuerungsanlagen stammen aus Einzelraumfeuerungen

Bisher

- Einzelraumfeuerungen unterliegen in der Regel keiner Emissionsbegrenzung

13.11.07

6

Emissionsbegrenzung Einzelraumfeuerungsanlagen

Geplant:

- Prüfstandsanforderungen für Einzelraumfeuerungsanlagen (Nachweis durch Herstellerbescheinigung) in zwei zeitlich gestaffelten Stufen (nach Inkrafttreten und ab 2015)
- Betreiberberatung,
- Überwachung der Holzfeuchte
- Nachrüstung oder Austausch von alten, emissionsträchtige Anlagen nach einer Übergangsfrist

13.11.07

7

Prüfstandsanforderungen für Einzelraumfeuerungsanlagen

Emissionsgrenzwert Errichtung nach Inkrafttreten		Emissionsgrenzwert Errichtung nach dem 31.12.2014		Errichtung nach Inkrafttreten
CO [g/m ³]	Staub [g/m ³]	CO [g/m ³]	Staub [g/m ³]	Mindest- wirkungsgrad [%]
0,25 (Pelletöfen) bis 2,5 (sonstige)	0,05 (Pelletöfen) bis 0,10 (sonstige)	0,2 (Pelletöfen) bis 1,25 (sonstige)	0,02 (Pellet- öfen) bis 0,04 (sonst.)	70 - 90

Sauerstoffbezug: 13 %

13.11.07

8

Feste Brennstoffe: Heizkessel

- Senkung der Leistungsgrenze (Schwellenwert) für die Festlegung von Emissionsgrenzwerten von 15 kW NWL auf 4 kW
- Deutliche Verschärfung der Emissionsgrenzwerte in zwei Stufen
- Gleichstellung von Holz und Kohle (CO-Grenzwerte auch für Kohlefeuerungsanlagen)
- Pufferspeichereinsatz bei allen neuen Heizkesseln
Handbeschickt: 55 l/kW, automatisch beschickt: 25 l/kW
- Emissionsbegrenzungen gelten nach einer Übergangsfrist grundsätzlich auch für Altanlagen

13.11.07

9

Emissionsbegrenzung für Heizkessel

	Brennstoff gemäß §3 Abs. 1	Nennwärmeleistung [kW]	Staub [g/m ³]	CO[g/m ³]
Stufe 1: Anlagen, nach Inkrafttreten der Verordnung errichtet werden	Nr. 1-3a	≥ 4 - 500	0,09	1,0
		> 500	0,09	0,5
	Nr. 4-5 und Nr. 8	≥ 4 – 500	0,10	1,0
		> 500	0,10	0,5
	Nr. 5a	≥ 4 - 500	0,06	0,8
		> 500	0,06	0,5
	Nr. 6-7	≥ 50 kW – 100	0,10	0,8
		> 100 – 500	0,10	0,5
> 500		0,10	0,3	
Stufe 2: Anlagen, die nach dem 31.12.2014 errichtet werden	Nr. 1 – 5a und Nr. 8	≥4	0,02	0,4
		≥ 50 – 500	0,02	0,4
	Nr. 6-7	> 500	0,02	0,3

Anlagen mit Brennstoff 8 bleiben ab 100 kW genehmigungsbedürftig

13.11.07

10

Überwachungsregelungen

- Wiederkehrende Überwachung alle zwei Jahre
 - Kessel > 4 kW NWL
 - Gleichstellung von handbeschickten und mechanisch beschickten Kesseln
 - ERF: Überprüfung des technischen Zustands
 - Überwachung der Holzfeuchte
 - Betreiberberatung

Übergangsregelungen

- Die neuen Grenzwerte gelten zunächst für Neuanlagen, nach einer Übergangsfrist (frühestens 1.1.2015) auch für bestehende Anlagen.
- Für bestehende Anlagen sind Einstufungsmessungen vorgesehen.
- Alte Einzelraumfeuerungsanlagen sollen sukzessive nachgerüstet oder außer Betrieb genommen werden.
- Abstufung nach dem Jahr der Erstprüfung

Einsatz von Getreide in Feuerungsanlagen der 1. BImSchV

- Interesse am Einsatz von Getreide von Seiten der Landwirtschaft
- Derzeit ist in Anlagen der 1. BImSchV nur Stroh als Brennstoff zugelassen, für Getreide können von den zuständigen Behörden Ausnahmegenehmigungen erteilt werden.
- Generelle Regelungen für Ausnahmegenehmigungen nach § 20 der 1. BImSchV in Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Niedersachsen.

13.11.07

13

Getreidefeuerungen – Geplante Regelungen

- Zunächst Zulassung für landwirtschaftliche und Getreide verarbeitende Betriebe
- Für Staub und CO gelten dieselben Grenzwerte wie für Holzfeuerungsanlagen
- Zusätzlich Prüfstandsanforderungen:
NO_x: 0,60 g/m³, ab 2015: 0,50 g/m³
Dioxine/Furane: 0,1 ng/m³
- Nach vier Jahren bei positiven Erfahrungen Zulassung auch für sonstige Betreiber

13.11.07

14

Schwerpunkte für die Novelle - Gas- und Ölfeuerungsanlagen

- Verschärfung und Erweiterung der Begrenzung von Stickstoffoxid bei der Typprüfung von neuen Anlagen in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung der Kesselanlagen
- Anhebung des Normnutzungsgrades von Heizkesseln
- Verlängerung der Überwachungsintervalle für Gas- und Ölfeuerungsanlagen,
- Absenkung der Leistungsgrenze für die wiederkehrende Überwachung der Anlagen von 11 auf 4 kW,

13.11.07

15

Anhörung 4./5. September 07 - Diskussion

- Öffnung der Brennstoffliste für weitere Biobrennstoffe
- Qualitätssicherung für Biobrennstoffe
- Grenzwerte der Stufe 2 für Heizungsanlagen
Öffnung des Betreiberkreises für Getreideverbrennung
- Erweiterung des Geltungsbereiches für Biobrennstoffe von derzeit 100 kW auf 1 MW (4. BImSchV)
- Verzicht auf Pufferspeicher bei Pelletheizungen
- Rücknahme der dreijährlichen Prüffrist für bestehende Heizungsanlagen

13.11.07

16

Das KW – Konzept zur Verminderung von Rauchgasemissionen

Günter Fischer, Firma Kutzner + Weber

Innovation—Umwelt—Mensch



Feinstaubbelastung – LfU Augsburg

Das KW – Konzept zur Verminderung von Rauchgasemissionen

Verbrennungsverbesserung ist unser Ziel

Primäre Maßnahmen dazu haben Vorrang

Bedienerfreundlichkeit sichert sauberen Betrieb

Sekundärmaßnahmen verringern die Feinstaubbelastung

Feuerstätten mit Holz – und Agrarbrennstoffen sind umweltfreundlich



zumikron® Partikelabscheider

Ein Gemeinschaftsprojekt von Rüegg und KW

Die Intension:

- Sekundärmaßnahmen sichern die Feinstaubreduktion
- Feuerstätten, handbeschickt und mit gesteuerter Verbrennung, können mit Zumikron ergänzt werden
- Fehler beim Betrieb der Feuerstätte steigern Emissionswerte, Zumikron kann dies zum großen Teil kompensieren
- Fest mit dem Gebäude verbundene, wertige Feuerstätten können mit Zumikron nachgerüstet werden
- Jüngere, funktionsfähige Feuerstätten im Bestand können mit Zumikron nachgerüstet werden
- Alte und minderwertige Feuerstätten sollten ausgetauscht werden

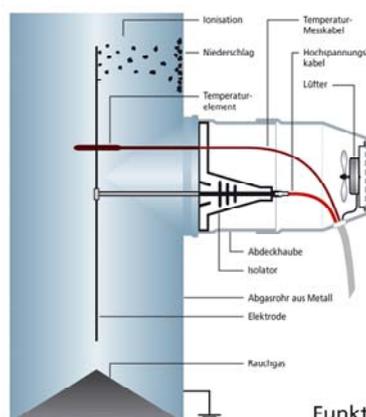
2

zumikron® Partikelabscheider

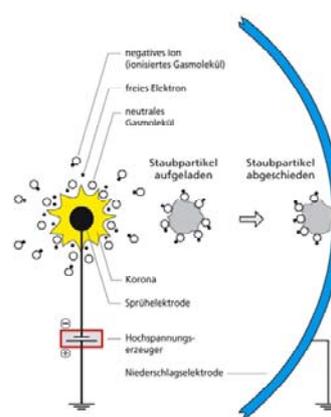
Ein Gemeinschaftsprojekt von Rüegg und KW

Das Produkt

- Staubreduzierung nach dem Prinzip der elektromagnetischen Partikelabscheidung



Funktionsprinzip



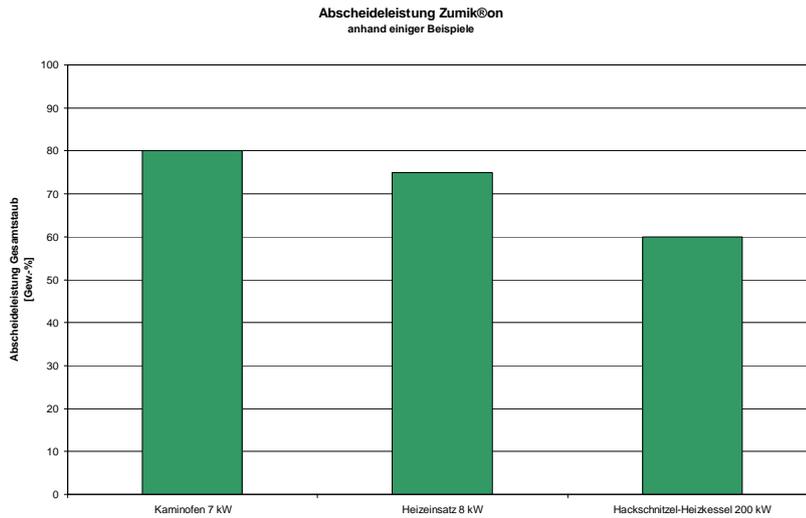
Prinzip des elektrischen Abscheiders

3

zumik®on Partikelabscheider

Ein Gemeinschaftsprojekt von Rüegg und KW

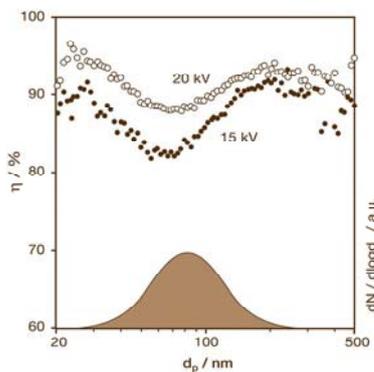
Die Abscheideleistung



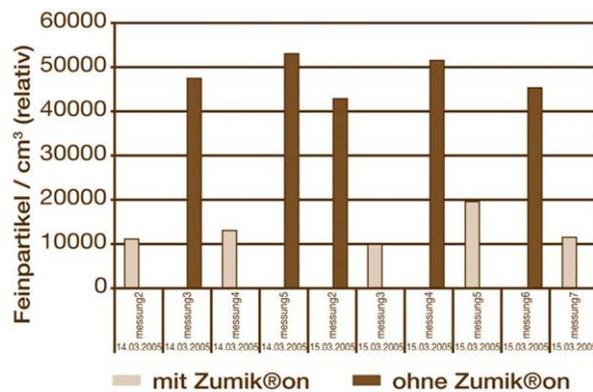
4

zumik®on Partikelabscheider

Höhe des Abscheideeffizienz –
Koeffizienten je nach
Elektrodenspannung
und Partikelgröße



Die Abscheideeffizienz im Rahmen
d. Versuchsreihe an der Pilotanlage
variiert zwischen 57% u. 81%, was
einem Mittelwert von 73% entspricht



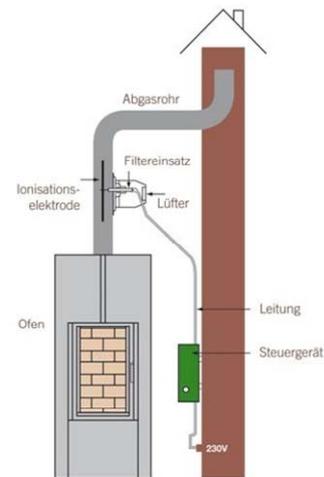
5

zumik[®]on Partikelabscheider

Ein Gemeinschaftsprojekt von Rüegg und KW

Die Montage

- Einfache Montage in der Verbindungsleitung
- Abscheidestrecke min. 1,5 m
- Montage in allen Edelstahlschornsteinen möglich
- Montage an der Schornsteinmündung grundsätzlich möglich
- Einbau in mineralische Abgassysteme in Kürze möglich



6

zumik[®]on Partikelabscheider

Ein Gemeinschaftsprojekt von Rüegg und KW

Die Prüfungen / Schutzrechte

- Prüfungen zur Funktion und Eigensicherheit beim TÜV Süd
- Prüfungen in der Schweiz
- Zulassung beim DIBt beantragt
- Einbau – und Verarbeitungstests sowie Prüfungen vor Ort
- Patentrechtlich geschützt



7

Innovation—Umwelt—Mensch



zumik[®]on Partikelabscheider

Ein Gemeinschaftsprojekt von Rüegg und KW

Die Verfügbarkeit

- Der Partikelabscheider ist bei Rüegg oder KW zu beziehen
- Der Bruttopreis für die Abscheide – Funktionseinheit ist 1.193 Euro zuzüglich Zubehör nach Einbausituation
- Der sichere und funktionsfähige Einbau in der Verbindungsleitung ist gewährleistet
- Der Einbau in Schornsteinsysteme erfolgt in Abstimmung mit den Herstellern
- Der Einbau in Deutschland und Österreich erfolgt derzeit in Abstimmung mit dem Schornsteinfeger

8

Innovation—Umwelt—Mensch



zumik[®]on Partikelabscheider

Referenzfotos Einbau und Funktion

Beladung im Abgassystem



Kamineinsatz



Hackschnitzelanlage
200KW

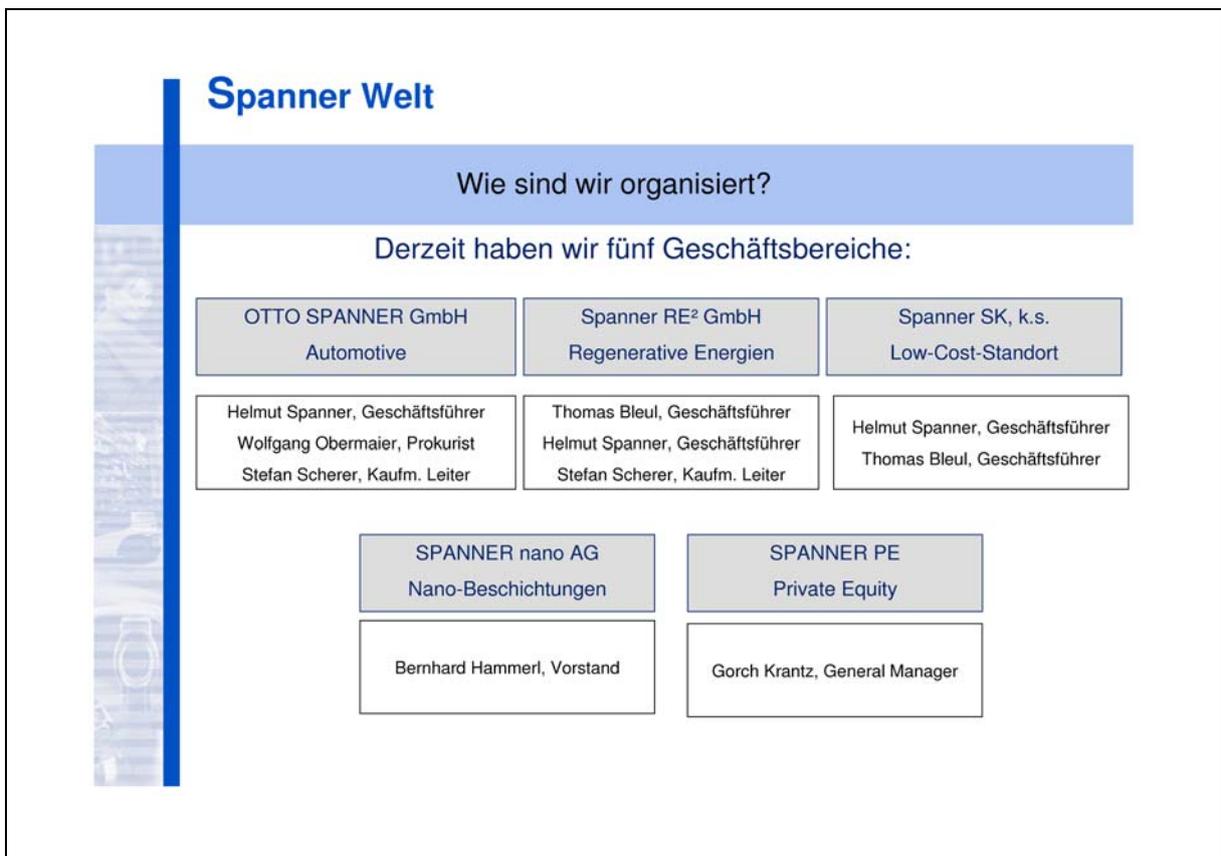
Einbaustudie
ES - Schornstein



9

Pelletheisanlage mit integriertem Feinstaubfilter

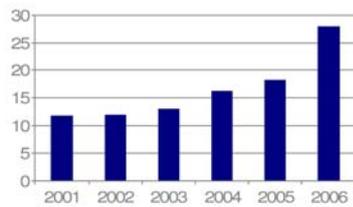
Thomas Bleul, Fa. Spanner GmbH



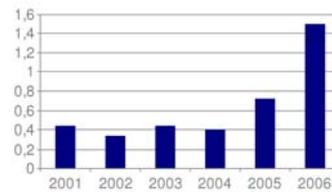
Spanner Welt

Wie sieht das Unternehmen in Zahlen aus?

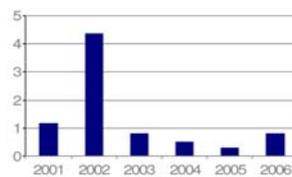
Umsatz [Mio EURO]



EBIT [Mio EURO]



Investitionen [Mio EURO]



MA gesamt 2006: 250

Spanner Welt

Spanner RE² GmbH – Wir machen regenerative Energien wettbewerbsfähig



Die Spanner RE² GmbH ist ein Unternehmen der Spanner Group mit seinem Tätigkeitsfeld im Bereich der regenerativen Energien.

Spanner Welt 

Derzeit produzieren wir folgende Produkte

Pelletsheizungen von 8 – 100 KW für Fa. Biotech

Hackschnitzelheizungen von 25 – 200 KW für Fa. Evotherm/
Fa. Biotech

Stückholzkessel von 15 – 50 KW für Fa. Lignotherm

Spanner Welt 

Folgende Produkte befinden sich in unserer Entwicklung

Energie-Contracting

Wirbelfeuerung

Feinstaubfilter

Spanner Welt

Energie-Contracting

Teure Brennstoff-Rechnung?

Wärme aus Biomasse- Einsparungen ab € 6500* !

CONTRACTING

Keine Investition in Brennstoff und Anlage- Sofortige Einsparung!
 Einzigartige 5-Jahres-Preis und Qualitätsgarantie auf Pellets
 Monatliche Brennstoffabrechnung nach verbrauchten kWh:
 ähnlich wie bei Ihrer Stromabrechnung
 Einbau ist jeder Zeit möglich- nicht Saisonabhängig

Sie können Ihre Energiekosten mehr als 20% reduzieren!

Energiekosten bei 4,4 Cent*-Aktion:	
Vorher mit Gas ca. € 32.960.-/Jahr	Nachher mit Biomasse ca. € 26.960.-/Jahr
Einsparung: € 6.225.-	

*... bezogen auf Contleher-Lösung der Firma Spanner GmbH/Bayern

NEWenergy

www.newenergy.cc

Spanner Welt

Feinstaubfilter: Grundlagen

Abscheideprinzip beim Elektrofilter
(aus: Nussbaumer u. a. 2001)

Spanner Welt



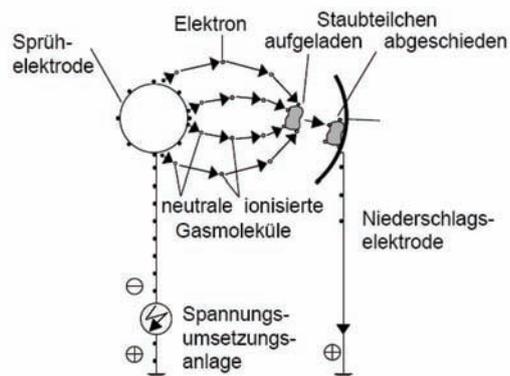
Funktionsmuster Feinstaubfilter für Versuche an der FH Amberg



Spanner Welt



Feinstaubfilter: Grundlagen



Abscheideprinzip beim Elektrofilter
(aus: Nussbaumer u. a. 2001)

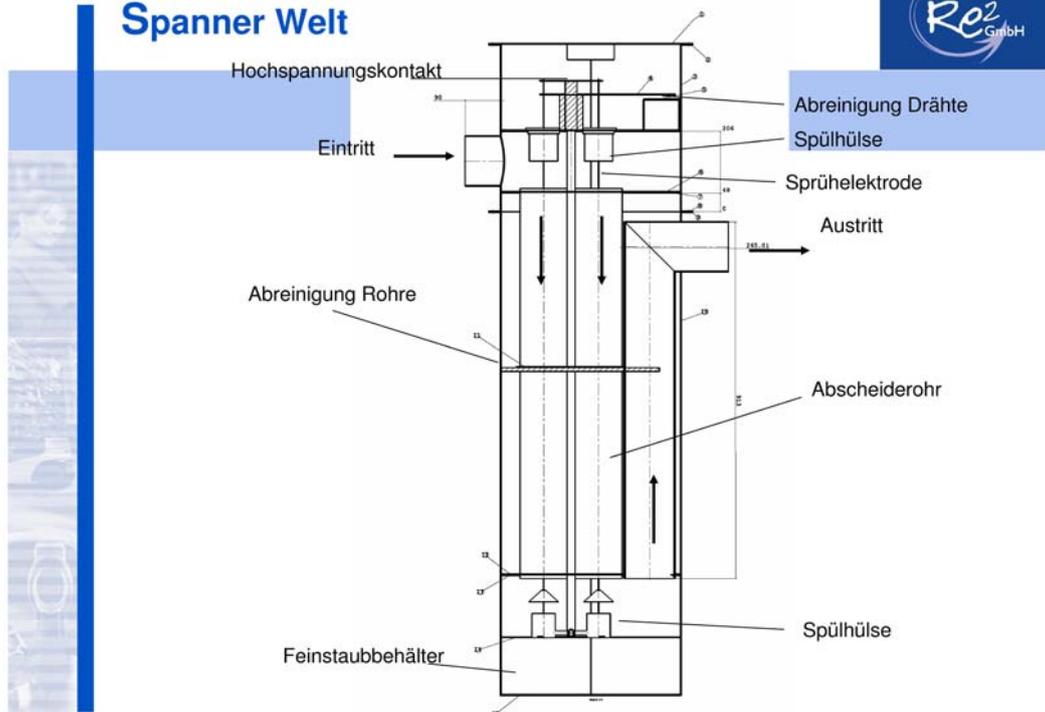
Spanner Welt



Kritische Punkte

- Isolierstrecken dauerhaft Durchschlagsfest
- Abreinigungsmechanismus
- Auswirkung mögliches Kondensat auf Funktionsweise
- Abgastemperatur unter 180°C

Spanner Welt



Spanner Welt



Prototyp E-Filter im Versuchsaufbau beim TFZ-Straubing



Spanner Welt



Spanner Welt



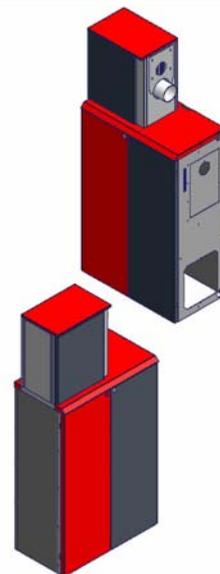
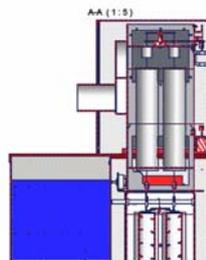
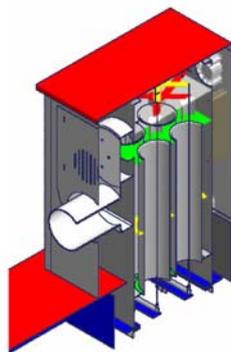
Integration in vorhandene Pelletheizanlage

- Kompakte Bauweise
- Steuerung wird von Anlage übernommen
- Mögliche Nachrüstbarkeit an vorhandene Anlagen
- Feinstaubaustrag über Aschelade

Spanner Welt



Integration in Pelletheizanlage Toplight



Spanner Welt



Spanner Welt



Staubmessung Kaminkehrer



Filter eingeschaltet

Filter ausgeschaltet

Spanner Welt



Messung am Prüfstand des TFZ Straubing

Messung	Nr.	1	2	3	4	5
Betriebszustand Abscheider		AUS	AUS	AUS	EIN	EIN
Messdauer	min	30	30	30	30	30
Förderdruck ^[1]	Pa	-9	-10	-10	-10	-10
Abgastemperatur ^[1]	°C	69	69	70	71	71
Brennstoffdurchsatz	kg/h	2,2	2,3	2,2	2,1	2,2
Vorlauftemperatur	°C	70	70	70	70	70
Rücklauftemperatur	°C	55	55	55	55	55
Kesselleistung	kW	8,7	8,7	8,8	8,9	8,6
Kohlenmonoxid	mg/Nm ³	93	136	157	164	112
Stickstoffoxide als NO ₂	mg/Nm ³	314	306	308	302	312
Org. geb. Kohlenstoff	mg/Nm ³	5	5	4	5	4
Staub	mg/Nm ³	20	17	18	1	1

Alle Abgaskomponenten werden in mg/Nm³, bezogen auf 13% Sauerstoff angegeben.
 [1] Messung nach dem Abscheider

Messungen nicht parallel durchgeführt daher theoretischer Staubabscheidegrad von 94%.

Spanner Welt



- die Steuerung wird vom Heizsystem übernommen
- Schnittstelle elektrisch
 - Spülluft
 - Saugzuggebläse (kann Saugzug Heizanlage ersetzen)
 - Hochspannung
 - Motoren Abreinigung
 - optional, Stausanzeige Filterreinigung
- Abreinigungszyklus ca. 1x/Tag abhängig vom Staubaufkommen
- Stromverbrauch ca. 20 - 30Watt
- je nach Dimensionierung wird ein Abscheidegrad von 70% - 95% erreicht

Spanner Welt



Ausblick

- Langzeittest bis III/2008
- „standalone“-Gerät möglich mit integrierter Steuerung
- Überlegungen zur Integration eines E-Filters im Wärmetauscher

Einfluss der Gebäudeheizungen auf die Feinstaub-Immissionen im Raum Augsburg

J. Schnelle-Kreis^{1,3}, R. Zimmermann^{1,2,3}, G. Seibert², J. Orasche¹, M. Gaderer⁴, R. Kunde⁴, G. Schmoeckel⁵, J. Diemer⁵, T. Gratzta⁶, K. Schäfer⁷

¹: bifa Umweltinstitut, Augsburg, ²: Universität Augsburg, ³: GSF Forschungszentrum, München, ⁴: ZAE Bayern, Garching, ⁵: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, ⁶: Umweltamt Augsburg, ⁷: Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Garmisch Partenkirchen

Überblick

Einleitung

Monitoring organischer Aerosolbestandteile

Methoden
Saisonale Trends
Quellenzuordnung

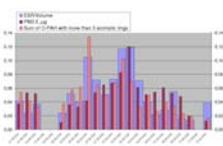
Einfluss der Holzverbrennung

Studiendesign
Erste Ergebnisse

Biomasse Verbrennung und Gesundheitseffekte

Methoden
Ergebnisse

Zusammenfassung



J. Schnelle-Kreis, LfU Fachtagung, 13.11.2007

Beteiligte Einrichtungen bzw. Institute

Forschungsvorhaben im Auftrag des StMUGV



Universität Augsburg



bifa Umweltinstitut, Augsburg



ZAE Bayern, Garching

Bayerisches Landesamt für Umwelt



Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg



Umweltamt Augsburg



GSF Forschungszentrum, München



**Institut für Meteorologie und Klimaforschung,
Garmisch Partenkirchen, FZK**

J. Schnelle-Kreis,

LfU Fachtagung, 13.11.2007

Monitoring - Methoden

Tägliche Probenahme von PM

08/2002 – laufend
1 m³ h⁻¹, 24 h
2,3 bzw. 30 m³ h⁻¹ in Kampagnen

**Bestimmung an Partikel gebundener
organischer Komponenten**

DTD-GC/TOFMS ohne Derivatisierung 08/2002 – 12/2004
Erweiterung auf polare Komponenten

Online Messungen

CO, NO, NO₂, SO₂ und O₃
PM_{2.5} und PM₁₀ Masse
Black Carbon
Sulfat und Nitrat
Partikel Anzahlkonzentration
Partikel Größenverteilung

**Anteil flüchtiger
Partikelbestandteile**



Aerosol Messstation der GSF seit 2005

J. Schnelle-Kreis,

LfU Fachtagung, 13.11.2007

Monitoring - Methoden

Organische Komponenten im Feinstaub

Spezifische Tracer Substanzen für
Biomasse- bzw. Holzverbrennung
Fossile Brennstoffe (Erdöl, Kohle)

- ✓ **PAK, oxidierte PAK**
- ✓ **n-Alkane, iso und anteiso Alkane**
- ✓ **Alkohole**
- ✓ **Alkan-2-one**
- ✓ **Säuren (aliphatisch, aromatisch mono-, di-, tri-, keto-)**
- ✓ **langkettige Karbonsäuren und -methylester**
- ✓ **Harz Säuren und -methylester**
- ✓ **Zucker**
- ✓ **Anhydrozucker (z.B. Levoglucosan)**
- ✓ **Phenolische Komponenten**
- ✓ **Hopane, Sterane**

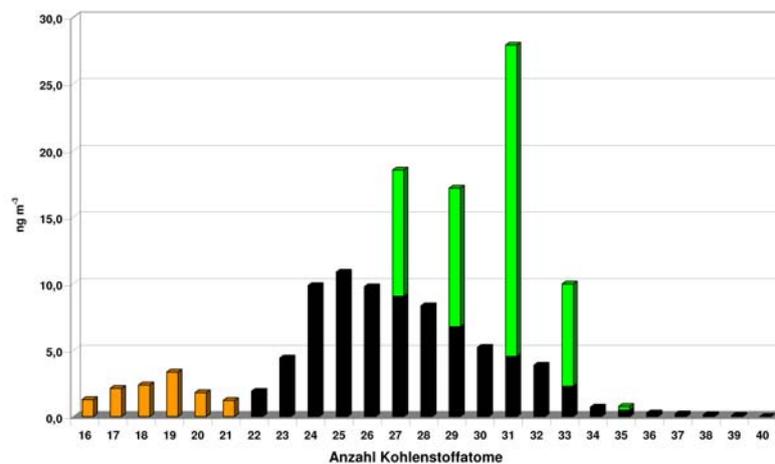
J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007

Monitoring - Methoden

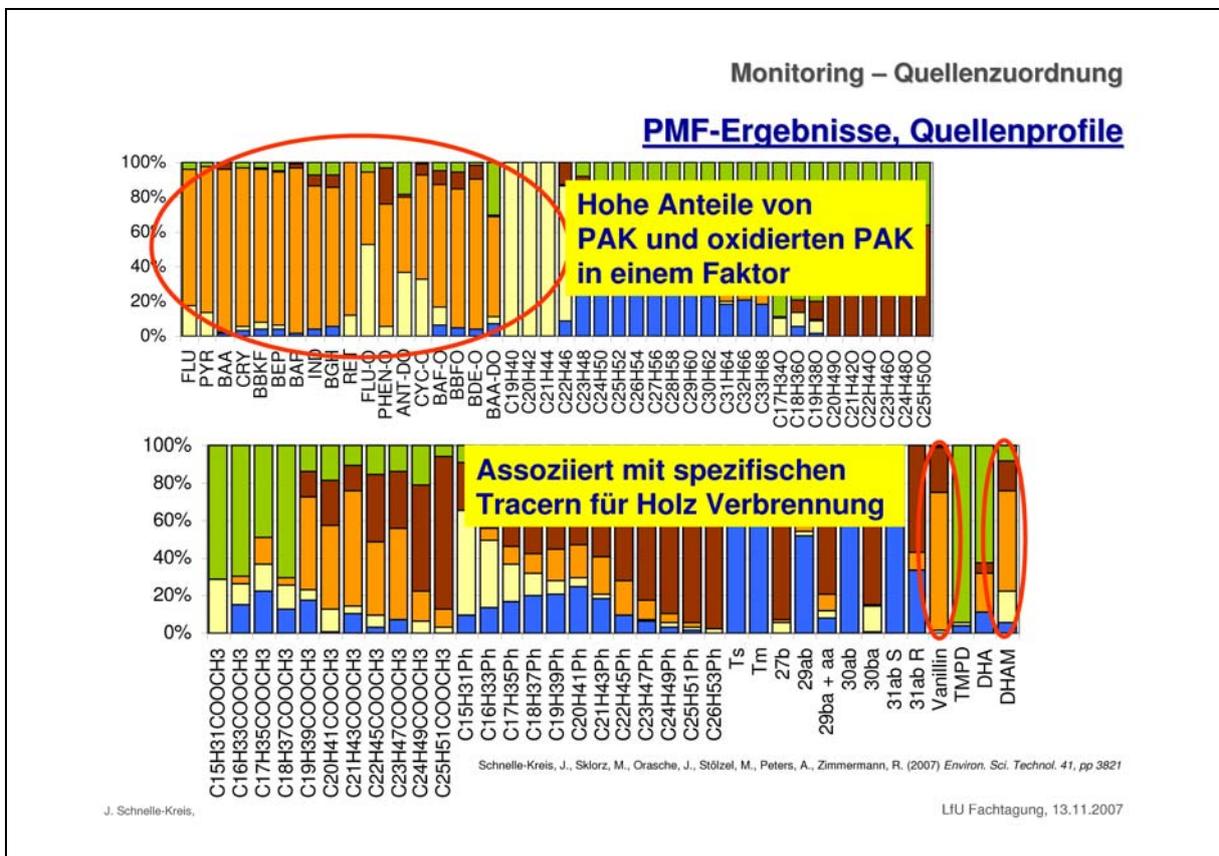
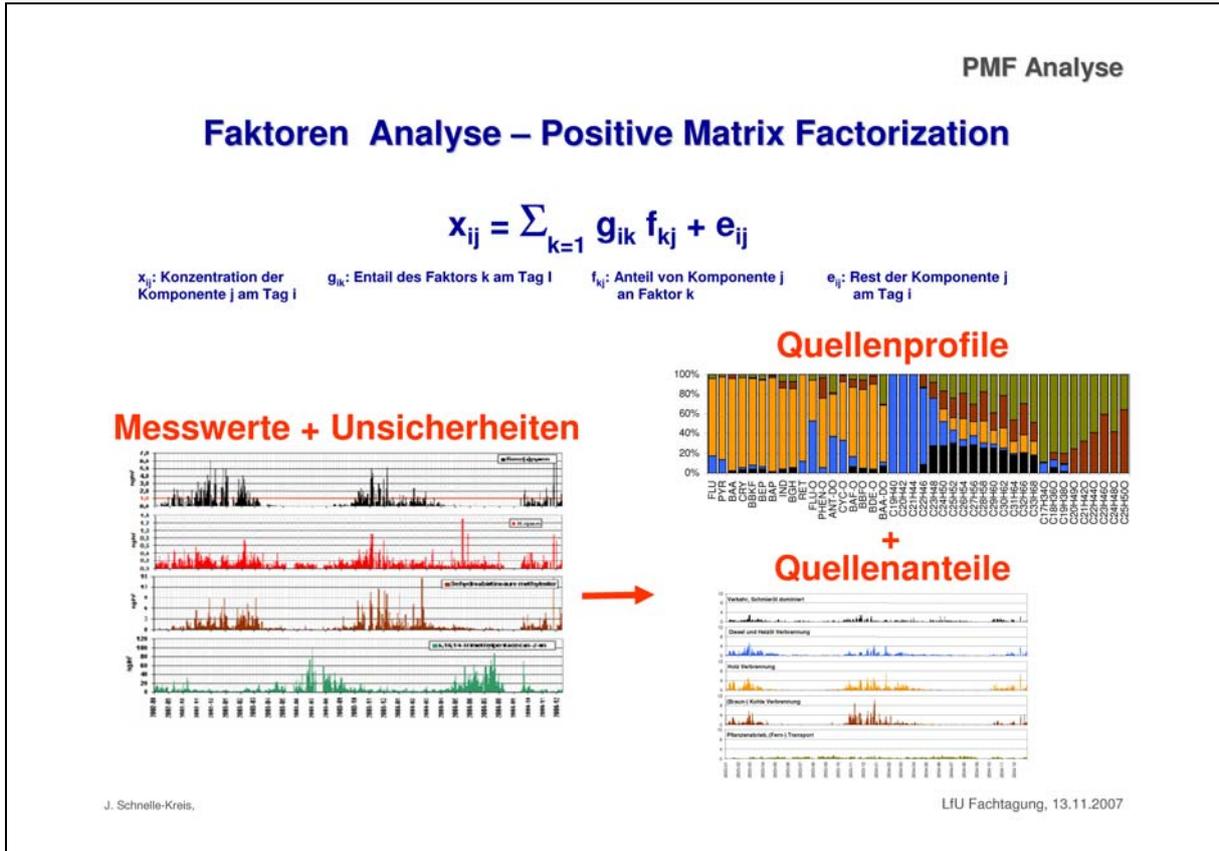
Beispiel: Schematisierte Anteile unterschiedlicher Quellen am n-Alkan Muster

Unverbrannter Kraftstoff (Diesel + Heizöl) **Kfz-Emissionen (Schmieröl)** **Biogene Quellen (u.a. Pflanzenabrieb)**



J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007



Einfluss der Holzverbrennung – Studiendesign

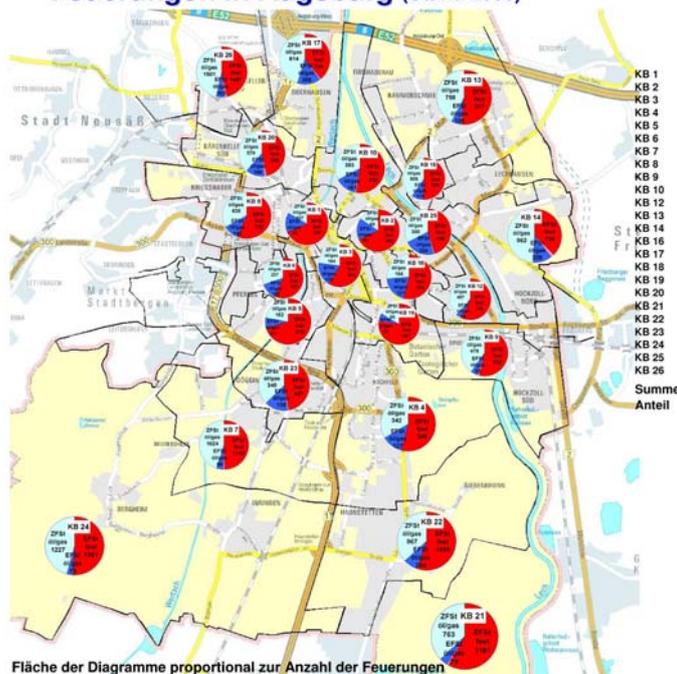
- **Aktualisierung des Emissionskatasters für Gebäudeheizung**
 - Heizungsarten
 - Brennstoffmengen
- **Emissionsmessungen und Emissionsfaktoren**
 - Pellet- und Scheitholzkessel, Kaminöfen
 - Tracer Substanzen
- **Ausbreitungsrechnung (AUSTAL2000)**
 - Gesamtes Stadtgebiet
 - Zwei kleinräumige Rezeptorgebiete
- **Immissionsmessungen**
 - Heizperioden 06/07 und 07/08
 - Austauscharme Wetterlagen
- **Differenzierung lokale Quellen vs. (Fern-)Transport**
 - Messung außerhalb der Stadt
 - Messung in 100 m Höhe

J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007

Einfluss der Holzverbrennung – Emissionskataster

Feuerungen in Augsburg (Stand 2006)



	Einzelfeuerstätten		Zentralfeuerstätten		Summe
	Fest	Öl + Gas	Fest	Öl + Gas	
KB 1	438	95	1	107	639
KB 2	309	94	1	89	573
KB 3	414	130	3	164	711
KB 4	540	127	0	342	1015
KB 5	515	51	2	162	730
KB 6	443	105	1	237	786
KB 7	1114	99	21	1024	2259
KB 8	725	142	3	438	1316
KB 9	630	59	14	479	1190
KB 10	612	161	8	383	1164
KB 12	728	55	7	487	1274
KB 13	917	100	13	758	1788
KB 14	736	228	36	962	1962
KB 16	334	121	0	164	619
KB 17	754	268	14	814	1800
KB 18	626	113	1	505	1245
KB 19	431	35	2	95	563
KB 20	696	198	18	576	1488
KB 21	1181	79	20	763	2053
KB 22	1433	204	9	967	2615
KB 23	427	136	7	340	910
KB 24	1361	79	7	1227	2674
KB 25	496	230	9	360	1095
KB 26	1487	163	48	1501	3209
Summe	17437	3072	245	12944	33698
Anteil	51,7%	9,1%	0,7%	38,4%	

LFU Fachtagung, 13.11.2007

Einfluss der Holzverbrennung – Emissionskataster

Abschätzung der Emissionen aus Holzfeuerungen Augsburg und Umgebung

Häufigkeit der Kehrtermine

	Rauchkamine für Einzelfeuerstätten mit festen Brennstoffen					Rauchkamine für zentrale Feuerstätten mit festen Brennstoffen				
	Kehrtermine					Kehrtermine				
	1	2	3	4	variabel	1	2	3	4	variabel
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl*)	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl*)
Stadt Augsburg	10527	2620	4221	52	17	73	97	73	2	0
Landkreis Augsburg	20342	7593	5959	246	8	405	758	1218	204	1
Umland Augsburg	6737	1491	1361	37	0	75	130	160	25	0
Landkreis Aichach-Friedberg	13049	5399	3099	236	5	349	852	954	376	0
Umland Aichach-Friedberg	4667	1420	1147	127	4	41	105	122	25	0

Brennstoffverbrauch

Verbraucher Holz(brennstoff*)	Einzel [Ster]	Zentral [Ster]	Gesamt [Ster]
Stadt Augsburg	71595	1482	73077
Umland	63515	4896	68411
Landkreise gesamt	221192,5	38430	259622,5

*) pro Kehrtermin ist bei Einzelfeuerungen von 2,5 Ster und bei zentralen Feuerstätten von 3 Ster Holz auszugehen

Staubemissionen

Staubemission*)	Einzel [t]	Zentral [t]	Gesamt [t]
Stadt Augsburg	46,4	0,5	46,9
Umland	41,2	1,6	42,7
Landkreise gesamt	143,3	12,5	155,8

*) Emissionsfaktoren: Einzelfeuerung 120

J. Schnelle-Kreis,

LIU Fachtagung, 13.11.2007

Einfluss der Holzverbrennung – Ausbreitungsrechnung

Modellierung des Brennstoffeinsatzes analog UBA bzw. ZAE (siehe Vorträge Trukenmüller, Kunde)

Ausbreitungsrechnung für gesamtes Stadtgebiet

Ausdehnung des Rechengebiets Nord-Süd 23,5 km, Ost-West 14,5 km

→ Gitterweite 100 m

Keine Berücksichtigung von Einzelgebäuden

Zusammenfassung der Einzelfeuerungen zu Flächenquellen

Ausbreitungsrechnung für zwei kleinräumige Rezeptorgebiete

Innenstadt (Königsplatz) und Wohngebiet

Berücksichtigung von einzelnen Feuerstätten und Gebäuden

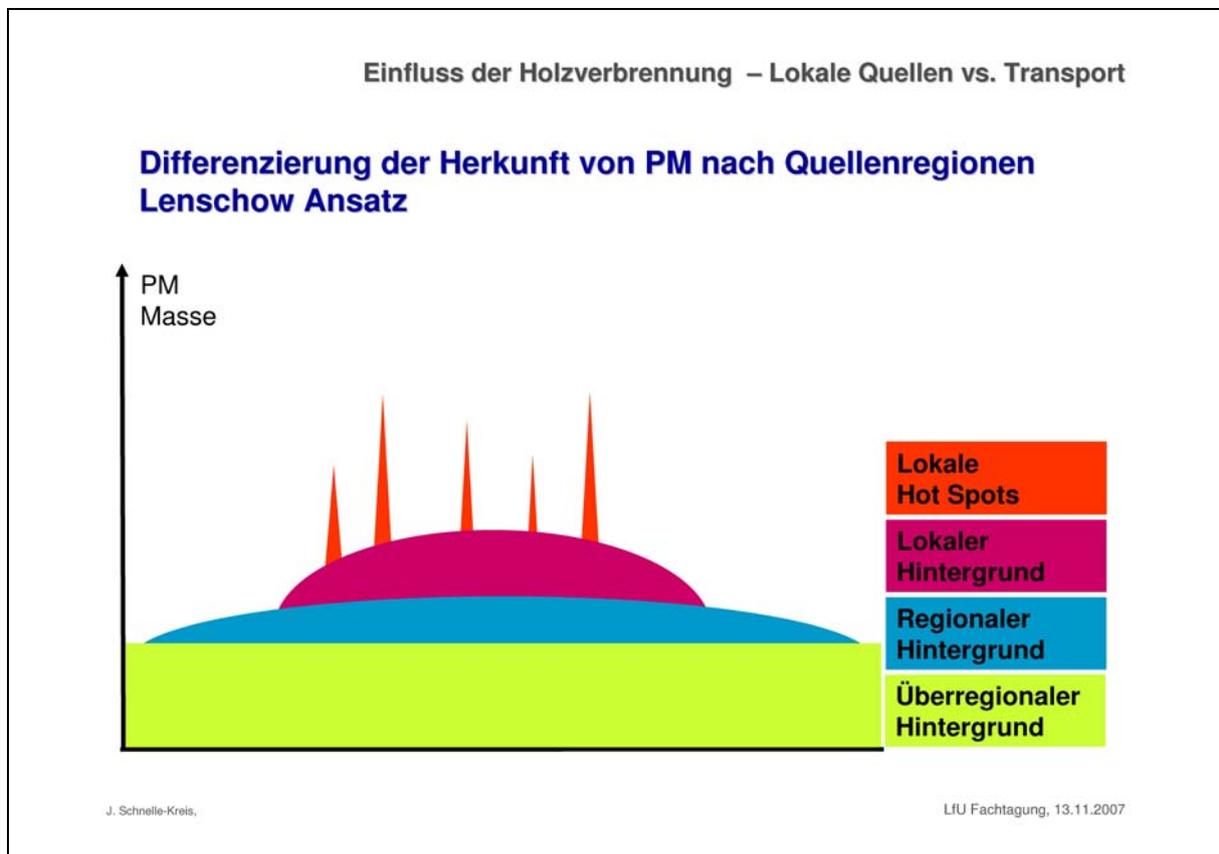
Gitterweite < 10 m

Immissionsmesspunkte im Rechengebiet



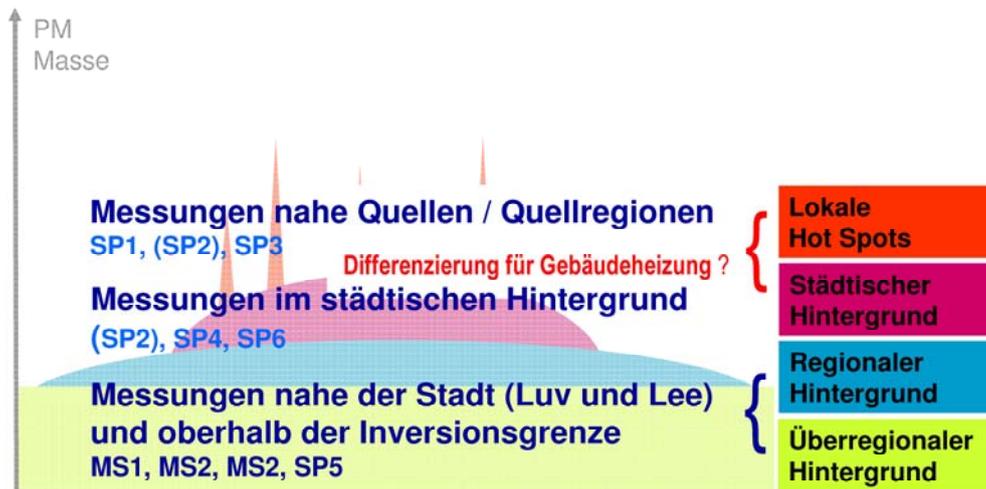
J. Schnelle-Kreis,

LIU Fachtagung, 13.11.2007



Einfluss der Holzverbrennung – Lokale Quellen vs. Transport

Differenzierung der Herkunft von PM nach Quellenregionen
 Lenschow Ansatz

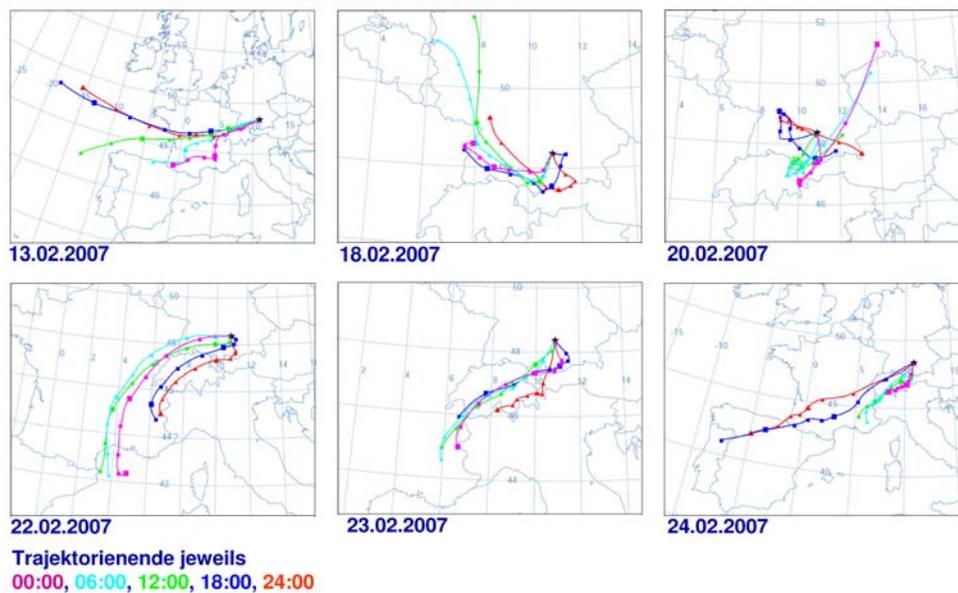


J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007

Einfluss der Holzverbrennung – Einfluss Meteorologie

Einfluss der Luftmassenherkunft
 48h Rückwärtstrajektorien
 5 Trajektorien je Tag (Abstand 6h)



J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007

Einfluss der Holzverbrennung – Einfluss Meteorologie

Einfluss der Mischungsschichthöhe

Kontinuierliche Messung der Schichtung an drei Standorten

SODAR (SP 4)

Ceilmeter (SP 6 und MS 2)



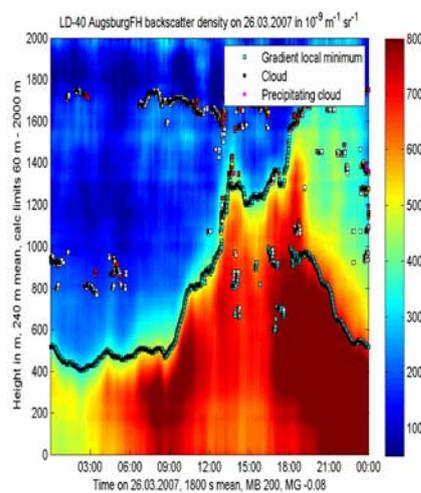
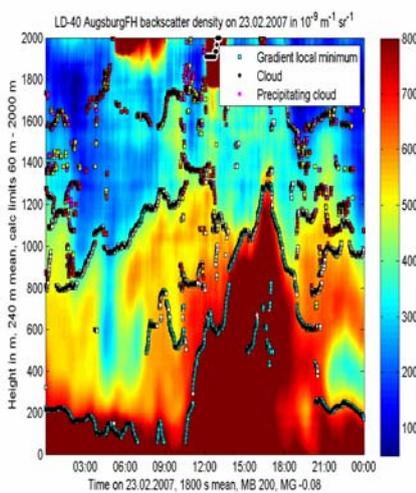
J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007

Einfluss der Holzverbrennung – Einfluss Meteorologie

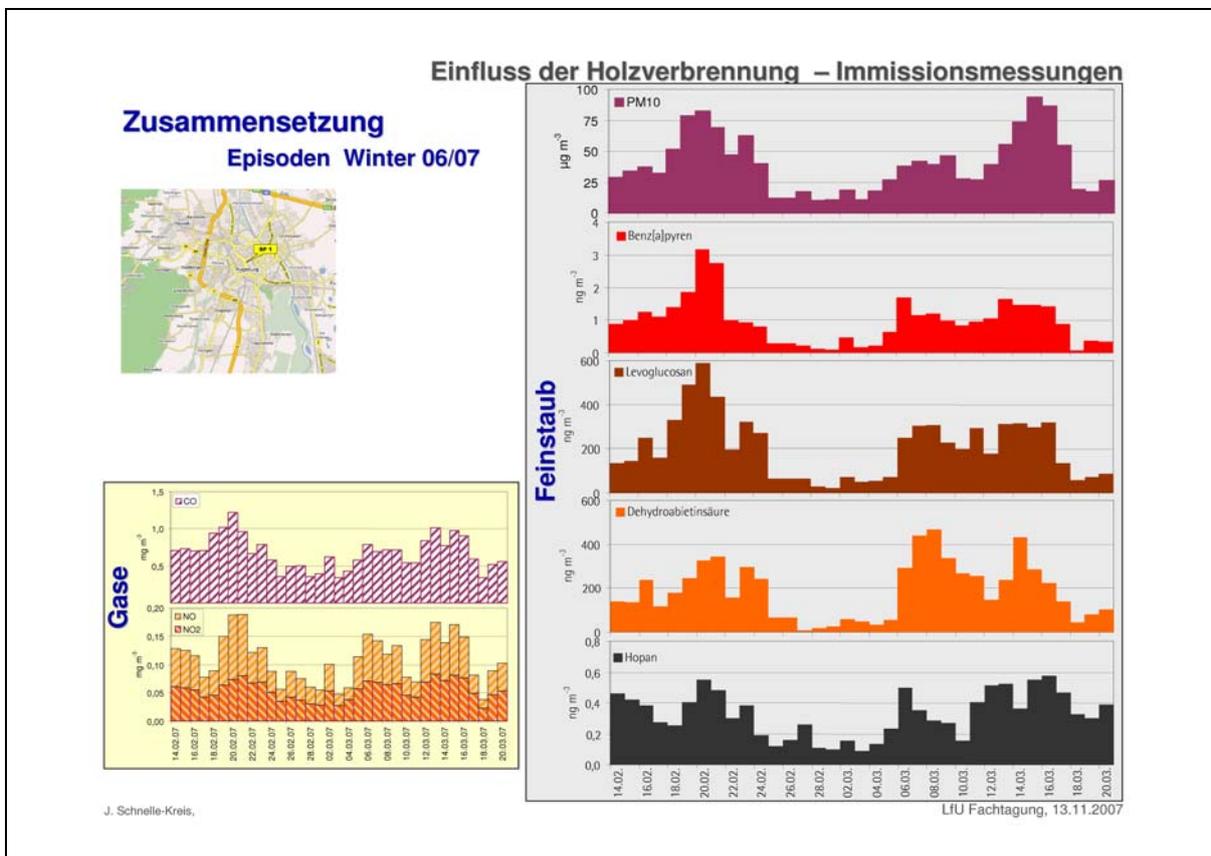
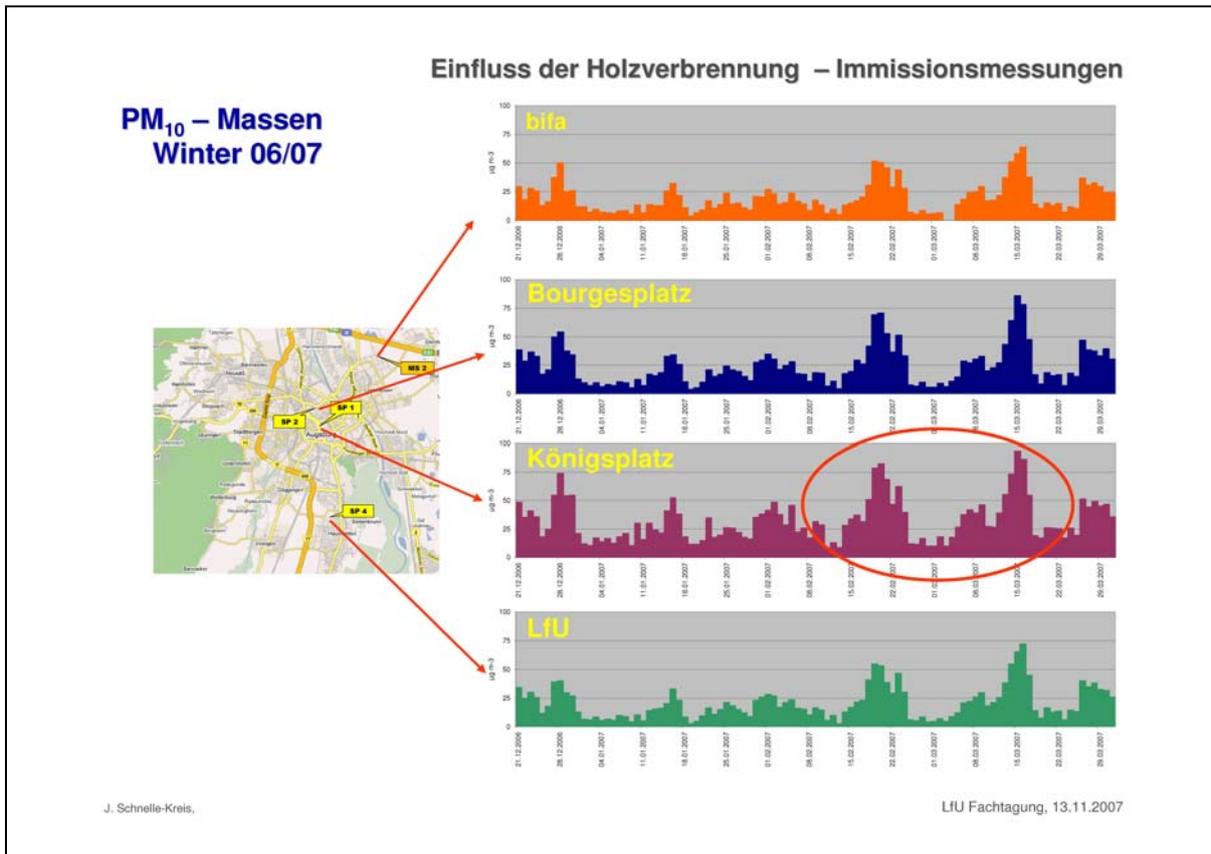
Einfluss der Mischungsschichthöhe

Beispiel: Messdaten Ceilmeter, SP 6



J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007



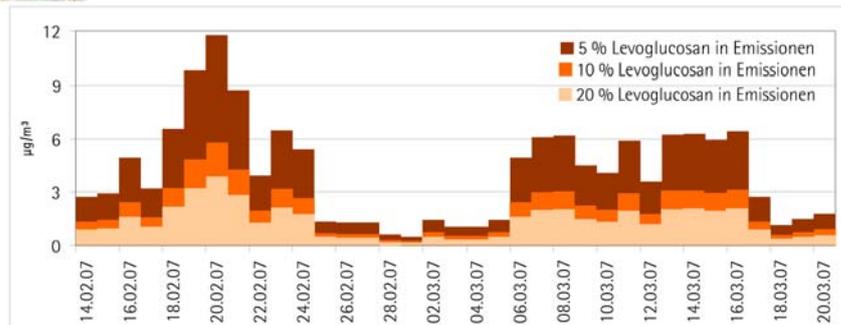
Einfluss der Holzverbrennung – Immissionsmessungen

Abschätzung der Immissionen aus Holzverbrennung



Ausgehend von Emissionsmessungen TU Wien*
Messungen an Kachelofen
Abhängig von u.a. Holzart und Verbrennungsbedingungen
~ 5 – 15 % Levoglucosan in Emissionen

*: C. Schmidl et al. Atmospheric Environment. Im Druck



→ ca. 3 bis 20 % der PM10 Immissionen aus Holzverbrennung

J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007

Gesundheitliche Relevanz - Oxidativer Stress

PM_{2.5} Proben

12/08/2005 – 12/09/2005
 1 m³ h⁻¹, 24 h

ESR Analyse*¹

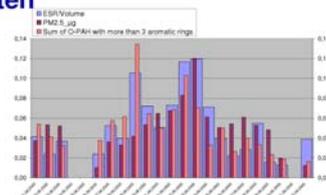
27 x 27 mm Filter Aliquote (~ 13 m³)
 Addition von 5,5-Dimethyl-1-pyrroline-N-oxide (DMPO)
 und Ascorbinsäure

POM Analyse

Soxhlet Extraktion, GC-HRMS für PAK and O-PAK*²
 DTD-GC/TOFMS für andere Komponenten

Online Messungen

CO, NO, NO₂ and O₃
 PM_{2.5} und PM₁₀ Masse
 Black Carbon, Nitrat und Sulfat
 Partikel Anzahlkonzentrationen

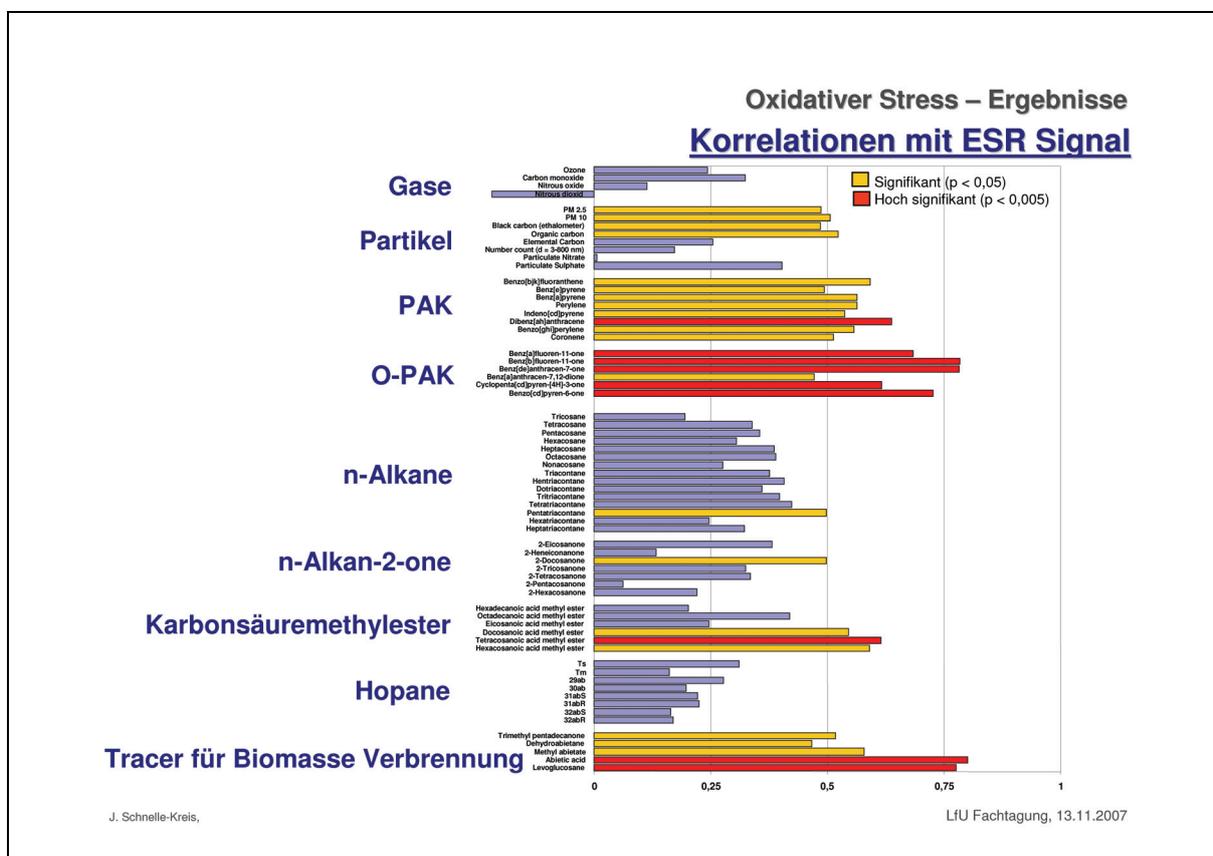
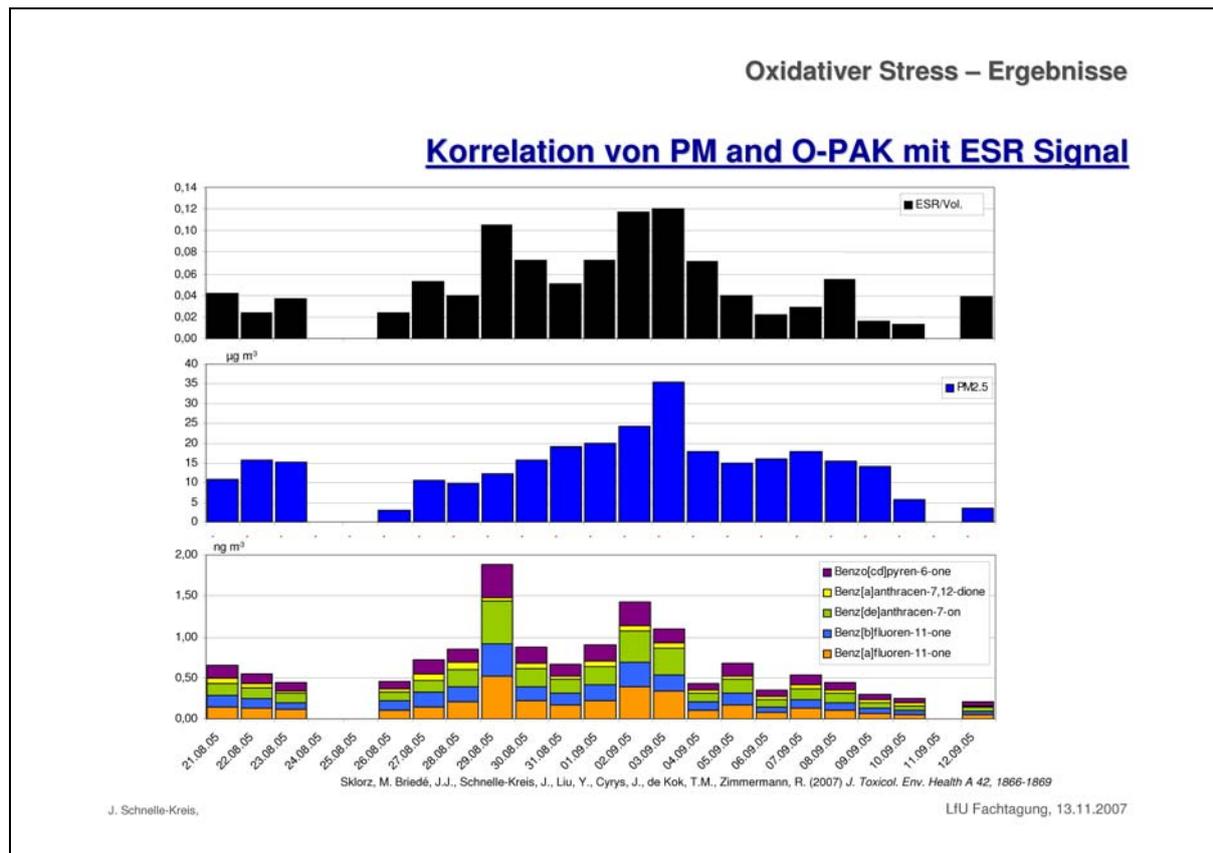


*1: Briedé, J.J., de Kok, T.M.C.M., Hogervorst, J.G.F., Moonen, E.J.C., Op Den Camp, C.L.B., Kleinjans J.C.S. (2005) Environ. Sci. Technol. 39, pp 8420

*2: Liu, Y., Sklorz, M., Schnelle-Kreis, J., Orasche, J., Ferge, T., Kettrup A., Zimmermann, R. (2006) Chemosphere 62, pp 1889

J. Schnelle-Kreis,

LFU Fachtagung, 13.11.2007





Zusammenfassung



Zusammensetzung und Eigenschaften von Feinstaub aus Holzfeuerungen

Dipl.-Ing. und Dipl.-EWi (FH) Volker Lenz, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH

Neben der Diskussion um die Vermeidung von Kohlenstoffdioxidemissionen gilt die Gefährdungen der Gesundheit durch Feinstaub derzeit als eines der dringendsten Probleme der Luftreinhaltung. Vielfache Überschreitungen von EU-Grenzwerten und mögliche Minderungsmaßnahmen werden viel diskutiert. Neben dem vermeintlichen Hauptverursacher, den Dieselfahrzeugen ohne geregelter Partikelfilter, gerieten auch die häuslichen Holzfeuerungsanlagen in den Verdacht nennenswert zu den Feinstaubbelastungen in Deutschland beizutragen und dies in einer Zeit, in der die Nachfrage nach dem günstigen Energieträger Holz rasant wächst.

Im folgenden Artikel werden natürliche und von Menschen verursachte Feinstaubquellen benannt und quantifiziert, der Feinstaub klassifiziert und in seinen Wirkungen auf die Gesundheit von Menschen beschrieben sowie die Feinstaubemissionen der häuslichen Holzfeuerungen in einen Gesamtrahmen eingeordnet.

Trotz geringfügig höherer Feinstaubbelastungen als bei Öl und Gas bleiben richtig betriebene moderne Holzfeuerungen ökologisch vorteilhaft, da sie dazu beitragen den anstehenden Klimawandel zu begrenzen.

1 Feinstaub – ein Reizthema für alle?

Die EU-Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 zur Begrenzung der Feinstaubemissionen als auch die Umsetzung in nationales Recht im Form der 22. BImSchV vom 11. September 2002 wurden lange Zeit kaum wahrgenommen, weder von den Betroffenen der Feinstaubemissionen noch von den zur Minderung Verantwortlichen. Erst mit der Verbindlichkeit der Grenzwert zum 1. Januar 2005 und dem damit verbundenen Recht des Bürgers vor dem Europäischen Gerichtshof zu klagen sowie der gleichzeitigen zum Teil massiven Überschreitung der Grenzwerte insbesondere in den großen Ballungszentren (z. B. Stuttgart statt 35 zulässiger Überschreitungen des Tagesmittelwerts in 2005 an einzelnen Messstationen bis zu 220) wurde die Thematik für die Öffentlichkeit akut. An Bedeutung gewann das Thema zusätzlich durch eine Studie der WHO zu den wahrscheinlichen Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Feinstaub in Europa. So werden für Deutschland rund 65.000 Tote/a auf die Luftbelastung durch Feinstäube zurückgeführt. Zunächst konzentrierte sich die Diskussion auf die Dieselrußemissionen und die Frage der Minderungsmöglichkeiten: Straßensperrungen und Partikelfilter. Weitere Messungen lassen vermuten, dass insbesondere in ländlichen Regionen auch die Holzfeuerungsanlagen einen Anteil an den Feinstaubemissionen haben könnten.

2 Feinstaubklassifikation – eine kleine Begriffsklärung

Der Begriff „Feinstaub“ bzw. „Feinstpartikel“ beschreibt eine komplexe Mischung aus festen und/oder flüssigen in die Luft ausgestoßenen organischen und anorganischen Stoffen. Sie variieren nach Größe, Zusammensetzung und Herkunft und werden anhand der Partikelgröße bzw. des aerodynamischen Durchmessers beschrieben.

Abhängig von der Partikelgröße können Feinstäube unterschiedlich lange in der Atmosphäre verweilen, bevor sie sich absetzen oder durch Niederschläge ausgewaschen werden: so verschwinden Stäube der Größenklasse PM_{10} ^{1,2} innerhalb von Stunden, während Stäube der Größenklasse $PM_{2,5}$ Tage und Wochen schweben und weite Strecken überbrücken können („Schwebstaub“).

Bezüglich der Einteilung in die verschiedenen Größenklassen und der Zuordnung von Begriffen gibt es teilweise unterschiedliche Angaben. Tabelle 1 gibt eine mögliche Größen- und Bezeichnungszuordnung wieder.

Tab. 1: Begriffe für Feinstaubfraktionen und deren Gesundheitsgefährdungspotenzial

Bezeichnung	Aerodynamischer Durchmesser in μm	Human-Einwirkung	Gefährdungspotenzial
Schwebstaub – TSP (total suspended particulates) VDI 2463, Bl.I	≤ 30	Nasen- und Rachenraum	begrenzt
Thorakaler Schwebstaub (thoracic particulates)	< 10 (PM_{10}) ³ grobe Partikel 2,5 bis 10	obere Atemwege und Lunge	nachweisbare Gesundheitsbeeinträchtigung
Alveolengängiger Schwebstaub (respirable particulates) = feine Partikel	$< 2,5$ ($PM_{2,5}$)	lungengängig bis in die Lungenbläschen	Lungen- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen
ultrafeine Partikel (UFP)	$< 0,1$ ($PM_{0,1}$)	durch Lungenbläschen und Zellmembran direkt in Blutkreislauf	Gehirn- und Herzerkrankungen

Für Feinstäube aus Biomassefeuerungsanlagen ist festzustellen, dass bei der weit überwiegenden Anzahl der Verbrennungsversuche ein Anteil an Feinstaubpartikeln der Fraktion kleiner 1 μm von über 90 % gemessen wurde.

Neben der Größe können Feinstäube auch noch nach weiteren Kriterien charakterisiert werden:

- Bestandteile aus denen sie bestehen
- Stoffe, die sich an die Feinstäube angelagert haben
- Wasserlöslichkeit und pH-Wert der Lösung
- Oberflächenbeschaffenheit

Innerhalb des vom Institut für Energetik und Umwelt gGmbH untersuchten Projekts werden im Hinblick auf Inhaltsstoffe vor allem das Vorhandensein von Metallen, Ammonium, Nitraten, Sulfaten, OC und EC sowie Phenolen, Kresolen, PAK, PCB, PCD und Dioxinen untersucht.

¹ PM für den englischen Terminus: particulate matter

² Teilchen mit dem gleichen oder schwächeren Sinkverhalten wie ideale Kugeln mit dem einem Durchmesser von 10 μm

³ nach ISO 7708 – größenselektierender Lufteinlass scheidet 50 % der Teilchen ab

3 Feinstaubquellen – woher kommt der Staub?

Feinstäube lassen sich nach ihren Entstehungsprozessen in primäre und sekundäre Feinstäube, sowie nach ihren Quellen in anthropogene und natürliche Quellen einteilen. Unter sekundären Feinstäuben sind solche zu verstehen, die erst nach einiger Zeit durch chemische und physikalische Reaktionen aus gasförmigen Emissionen entstehen. Eine Übersicht über die Zuordnung bekannter Quellen zu den einzelnen Bereichen zeigt Tabelle 2.

Tab. 2: Zuordnung der Quellen für Feinstäube

Quellen für Feinstäube	primärer Feinstaub	sekundärer Feinstaub
natürlich	Vulkane, Meere, Bodenerosion in trockenen Regionen, Wald- und Buschfeuer, Blütenpollen, Hautschuppen, Milbenkot, Schimmelpilzreste und -sporen, Haare	Methan aus Feuchtgebieten, Distickstoffoxid durch biologische Aktivitäten in Böden, Gase aus Vulkanen, Sulfat sowie Nitrat aus Böden und Gewässern
anthropogen	Verbrennungsanlagen zur Energiebereitstellung, Abfallverbrennungsanlagen, Hausbrand (Öl, Kohle, Gas und feste Brennstoffe), Industrieprozesse (z. B. Metall-, Stahlerzeugung, Sinteranlagen), Asbest, Glas- und Mineralwolle, Schüttgutumschlag, Diesel-LKW und Diesel-PKW mit ultrafeinen Partikeln, Abrieb der Reifen, Bremsen und Kupplungsbeläge, wieder aufgewirbelter Straßenstaub, Schienenverkehr, Schifffahrt (mit Diesel) und Luftverkehr, Laserdrucker	Schwefeloxide (SO ₂ , SO ₃), Stickstoffoxide (NO, NO ₂), Ammoniak (NH ₃) und flüchtige Nichtmethan Kohlenwasserstoffe (NMVOC) aus Verbrennungsanlagen, der Landwirtschaft, dem Lösemittleinsatz, der chemische Industrie und der Petrochemie

4 EU-Grenzwerte – das richtige Instrument?

Die EU legt in ihrer Richtlinie 1999/30/EG vom 22. April 1999 folgende Grenzwerte fest:

- Jahresmittelwert: 40 µg/m³
- maximal 35 Überschreitungen des Tagesmittelwert von 50 µg/m³ pro Jahr

Für das Jahr 2010 ist eine Verschärfung des maximalen Tagesmittelwerts für PM₁₀ auf 40 µg/m³ geplant. Über Grenzwerte für PM_{2,5} wird nachgedacht.

Bereits die geltenden Grenzwerte werden von fast allen deutschen Ballungszentren überschritten. In Anbetracht der vermeintlichen Hilflosigkeit der Städte und Regionen rasch zu einer Minderung der Feinstaubbelastungen beitragen zu können – die Effekte von Fahrverboten werden zum Teil äußerst kontrovers diskutiert – werden die Grenzwerte von verschiedenen Interessengruppen hinterfragt.

Tatsächlich bietet die EU-Vorgabe einen markanten Angriffspunkt: Die Festlegung einer konkreten maximalen Staubmenge je Lufteinheit lässt die Frage außer Acht, wie toxisch die unterschiedlichen Feinstäube sind. Für die akute Schwächung des Herz-Kreislaufsystems könnten Grenzwerte, die sich auf die Gesamtfeinstaubmenge beziehen aussagekräftig sein. Bei Langzeitwirkungen und Krebserkrankungen sind im Unterschied dazu wahrscheinlich die Schädigungsergebnisse, also die Teilchen-

zahlen und deren spezifische Toxizitäten, von besonderer Bedeutung – insbesondere die Partikel kleiner als 1 µm sind hier relevant. Vielfach scheitert in diesem Größenbereich jedoch die klare Trennung und Unterscheidung an der verfügbaren Analysetechnik.

Da auch die genauen Wirkmechanismen noch nicht bekannt sind, erscheinen die gewählten Grenzwerte als der derzeit praktikabelste Ansatz. Verschiedene Mediziner fordern für einen effektiven Schutz der Bevölkerung eine Verschärfung der Grenzwerte.

5 Feinstaub in Deutschland – wer hat den größten Anteil?

Die Ermittlung der tatsächlichen Feinstaubemissionen ist schwierig. Im Fahrzeugbereich können über spezifische Emissionswerte, durchschnittliche Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauchsmengen die motorischen Feinstaubemissionen relativ gut nachvollzogen werden. Auch im Bereich der Großfeuerungsanlagen kann unter anderem durch kontinuierliche Emissionsmessungen eine relativ genaue Datenerhebung stattfinden. Im Unterschied dazu ist der Reifen- und Bremsabrieb schwerer zu erfassen. Bei der Bestimmung des Emissionsanteils der Aufwirbelungen durch den Verkehr und der Emissionen von Holzfeuerungen liegen darüber hinaus erhebliche Informationsdefizite vor. So sind für die Straßenaufwirbelung die Wetterbedingungen und die Reinigungshäufigkeit von Bedeutung. Bei den Holzfeuerungen stellen Bedienungsfehler und Nutzungshäufigkeit einen schwer abschätzbaren Einfluss dar.

Entsprechend unterschiedliche Zahlen sind in den aktuellen Veröffentlichungen zu finden.

Für die anthropogenen Quellen wurden z. B. für Baden-Württemberg im landesweiten Emissionskataster 2000 die folgenden Anteile der verschiedenen Verursacherguppen identifiziert (siehe Abb. 1).

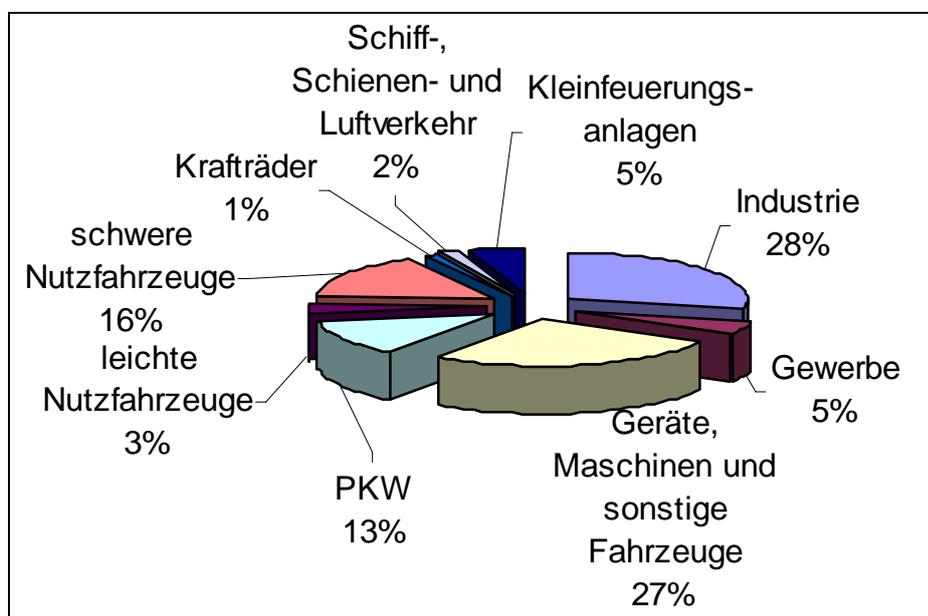


Abb. 1: Anthropogene Feinstaubquelle nach Emissionskataster 2000 Baden-Württemberg

Für Baden-Württemberg gibt das landesweite Emissionskataster für 2002 eine Verteilung der PM₁₀-Feinstäube aus Kleinfeuerungsanlagen zu 70 % aus Holz, 23 % Heizöl und 7 % Kohle an. Insgesamt sind die Holzheizungen also nur zu rund 3,5 % an den PM₁₀-Emissionen in Baden-Württemberg beteiligt.

Für Berlin lassen sich insgesamt etwa 49 % der Feinstaubemissionen auf den Verkehr und rund 8 % auf den Hausbrand zurückführen.

Im Unterschied dazu geht das Umweltbundesamt für ganz Deutschland davon aus, dass die PM₁₀-Emissionen aus kleinen Holzfeuerungsanlagen in Haushalten und im Kleingewerbe für 2003 bei rund 24 kt/a lagen (Anteil von rund 14 %), während die Feinstaubemissionen des Verkehrs aus der motorischen Verbrennung mit nur rund 22,7 kt/a abgeschätzt werden, vergleiche auch Abb. 2.

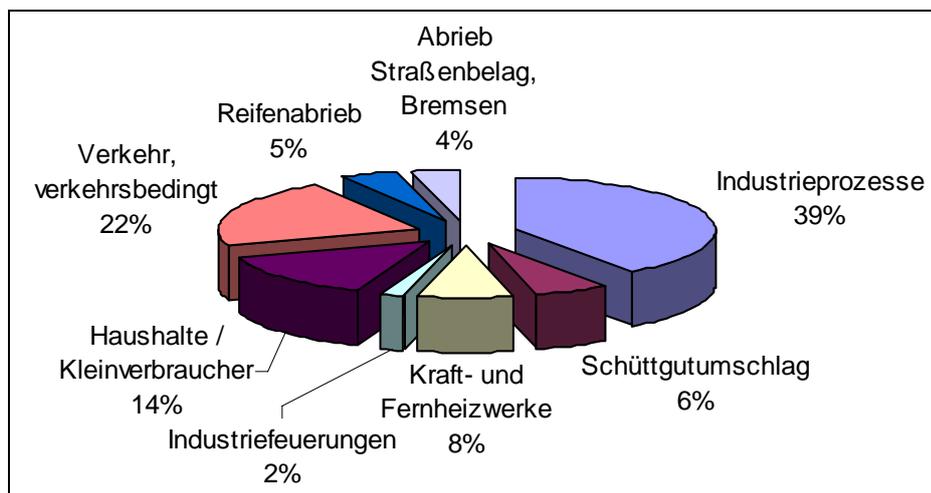


Abb. 2: Anteile anthropogener PM₁₀-Emissionen in Deutschland 2003 nach Umweltbundesamt

Zu beachten ist, dass insbesondere im Verkehr nicht nur die Partikelemissionen der Verbrennung zu betrachten sind, sondern auch Brems- und Reifenabriebstäube sowie Aufwirbelungen von den Straßen. In den Ballungsgebieten wird davon ausgegangen, dass der Straßenverkehr mit 45 - 65 % an den Spitzenwerten der Feinstaubbelastungen beteiligt ist. Während der Verkehr ganzjährig zur Feinstaubbelastung beiträgt, haben Holzfeuerungsanlagen insbesondere in den Wintermonaten und in Gegenden mit hohem Waldaufkommen eine besondere Bedeutung bei den Feinstaubemissionen.

Zwischen 1991 und 1996 haben die vom Menschen beeinflussten bundesweiten Gesamtstaubemissionen von ca. 970 kt/a auf ca. 270 kt/a deutlich abgenommen. Seither sinken die Emissionen nur noch mit relativ geringen Raten, da die großen leicht erreichbaren Einsparpotenziale bei Kraftwerken, Industrie und dem Hausbrand weitgehend erschlossen wurden.

Rund ein Viertel der Emissionen sind in Deutschland auf Hintergrundbelastungen durch den Ferntransport von Feinstäuben zurückzuführen. Im Vergleich zu den Emissionen aus dem Ferntransport und dem Straßenverkehr haben die Holzfeuerungsanlagen im Schnitt einen untergeordneten Anteil an den jährlichen Emissionen. In ländlichen Regionen kann es jedoch im Winter stellenweise zu deutlich höheren Anteilen der Staubemissionen aus Holzfeuerungen kommen.

6 Häusliche Holzfeuerungen – welche Relevanz haben Feuerungsart und Stand der Technik?

Die Feinstaubbelastungen der häuslichen Holzfeuerungen sind schwer abzuschätzen. Dies liegt u. a. an der Vielzahl unterschiedlicher Feuerungsarten, dem sehr unterschiedlichen Alter der Anlagen, dem unterschiedlichen sich derzeit stark verändernden Nutzerverhalten sowie der sich zum Teil drastisch ändernden Zahl an Anlagen.

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass das Gros der Feinstaubemissionen aus den älteren Holzfeuerungsanlagen und hier insbesondere den Einzelfeuerstätten stammt. Rund 9 Millionen Einzelöfen stehen rund 300.000 Holzkessel für eine zentrale Wärmebereitstellung gegenüber. Insbesondere die spezifischen Emissionen moderner Holzpellet- oder auch Stückholzvergaserkessel sind deutlich geringer als die älterer Modelle oder anderer älterer Feuerungsanlagen (siehe Abb. 3).

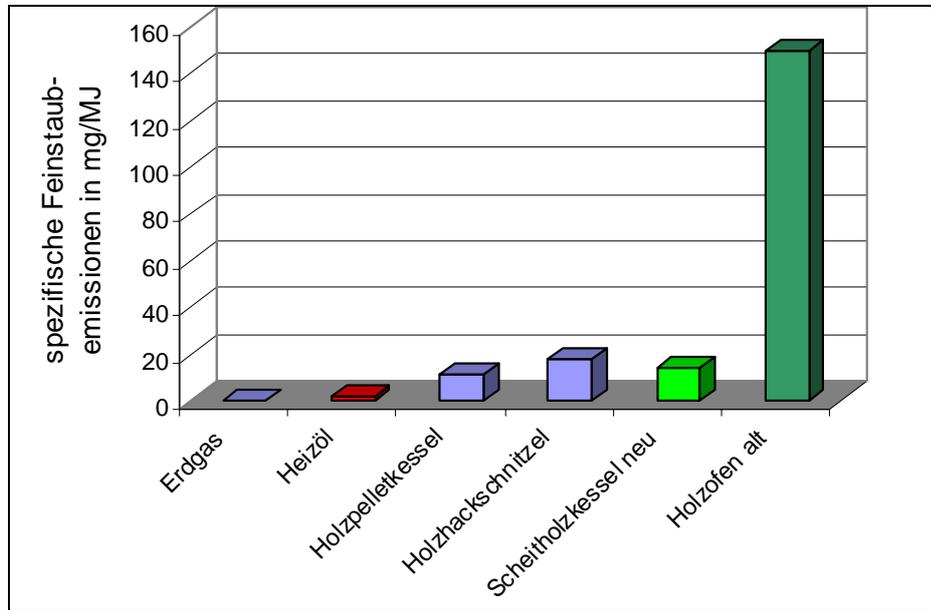


Abb. 3: spezifische Feinstaubemissionen verschiedener Verbrennungssysteme

Abbildung 3 zeigt, dass durchschnittliche Holzfeuerungsanlagen bei richtigem Betrieb etwa um den Faktor 10 höhere Feinstaubemissionen haben als Erdgas- und Heizölanlagen. Alte Holzfeuerungen liegen jedoch häufig um einen weiteren Faktor 10 über modernen Geräten.

Untersuchungen zu Feinstäuben aus dem Hausbrand liegen aus Österreich, der Schweiz und teilweise aus Deutschland vor. In Österreich wird zur Zeit ein umfangreiches Projekt zu Feinstaubemissionen durchgeführt. Das Umweltbundesamt hat zudem eine Studie über die Simulation der Ausbreitung von Feinstäuben in Auftrag gegeben. Ergebnisse aus den abgeschlossenen und laufenden Projekten sollen soweit möglich mit in die weiteren Betrachtungen einfließen.

Nach WÖRGETTER und MOSER, 2005 wurden in den 80er Jahren in Niederösterreich für kleine Holzfeuerungen Emissionswerte für Partikel von 100 bis 1.000 mg/MJ und für Kohlenwasserstoffe von 100 bis 10.000 mg/MJ gemessen. Seit 1995 dürfen in Niederösterreich nur noch Holzfeuerungen in Betrieb genommen werden, bei denen die Staubemissionen maximal 60 mg/MJ und die Kohlenwasserstoffemissionen maximal 40 mg/MJ bzw. 80 mg/MJ für handbediente Feuerungen betragen.

Eine statistische Auswertung von 169 Prüfberichten an der BLT Wieselburg in der Zeit von 1999 bis 2004 erbrachte das in Tabelle 3 dargestellte Ergebnis zu den neuesten Entwicklungen auf dem Holzfeuerungsmarkt.

Tab. 3: Statistische Auswertung der Anlagenprüfungen an der BLT von 1999 bis 2004

		Stückholz	Hackgut	Pellet
Wirkungsgrad	%	90	91	91
Organischer Kohlenstoff	mg/MJ	3	1	1
Staub	mg/MJ	14	18	11

Es zeigt sich, dass moderne Holzfeuerungsanlagen vielfach nur noch um einen Faktor 1,5 bis 3 höhere Feinstaubemissionen haben als marktübliche Ölheizanlagen mit Feinstaubemissionen von rund 8 mg/MJ (Gaskessel bei etwa 2 - 3 mg/MJ).

Im Rahmen des BMU-Projekts Feinstaubemissionen aus häuslichen Holzfeuerungen – Einflüsse und Minderungsmöglichkeiten – sammelt und bewertet das Institut für Energetik und Umwelt gGmbH derzeit Daten u. a. zum Anteil der verschiedenen Holzfeuerungsarten an der thermische Holznutzung, zu den altersabhängigen spezifischen Emissionsfaktoren und dem Nutzerverhalten. Damit lassen sich die Gesamtstaubemissionen für Deutschland aus den Holzfeuerungsanlagen abschätzen. Das UBA geht für 2003 von einem Wert in Höhe von 24 kt/a aus. Dies bedeutet einen Anteil von rund 14 % an den Feinstaubemissionen in Deutschland.

Würde die gleiche Menge an Nutzwärme nur in modernen Holzfeuerungsanlagen bereitgestellt, so ergäbe sich mehr als eine Halbierung der Feinstaubemissionen in diesem Bereich.

Für zukünftige Entwicklungen von Holzfeuerungsanlagen ist davon auszugehen, dass bei entsprechend guten Brennstoffen und einem vorschriftsmäßigen Betrieb weitere Reduktionen der Staubemissionen möglich sind. Hier steht insbesondere die Marktreife von kosteneffizienten Filtersystemen für Kleinfeuerungsanlagen auf der Agenda.

7 Toxizitätsbewertung

Feinstäube sind nicht nur aufgrund Ihrer Menge ein Problem für die Gesundheit von Menschen und Tieren, sondern auch aufgrund Ihrer Inhaltsstoffe, der Form und anderer Eigenschaften. Dabei ist zu beachten, dass sich der Mengenaspekt nicht nur auf die Masse sondern auch auf die Teilchenzahl bezieht. Um die Toxizität auf Menschen einschätzen zu können, gibt es verschiedene Ansätze. Epidemiologische Untersuchungen zeigen Korrelationen zwischen den Feinstaubemissionen und typischen Krankheitsbildern auf. Dabei ergeben sich jedoch zum Teil erhebliche Unsicherheiten bei der Rückverfolgung der Immissionen auf die Emissionsquellen und bei der Ableitung von Wirk-Zusammenhängen der Feinstäube. In dieser Hinsicht sind Tierversuche mit definierten Inhalationsmengen an mit Feinstäuben belasteten Abgasen aus definierten Emissionsquellen nachvollziehbarer zu gestalten. Hierbei sind jedoch die Frage der Veränderung der Feinstäube im Ausbreitungsweg und die Frage nach der Vergleichbarkeit der Versuchstiere zum Menschen zu beantworten. Beide Verfahren sind mit erheblichem Aufwand verbunden. Deutlich einfacher sind Untersuchungen an Zellkulturen oder Fadenwürmern durchzuführen, wobei Aussagen zur tatsächlichen quantitativen Auswirkung der getesteten Feinstäube auf Menschen nur bedingt abgeleitet werden können. Der Vorteil einiger dieser biologischen Testverfahren liegt in der Erfassung der Gesamtwirkung des Feinstaubes, das heißt, es entfällt die sich bei der Beschreibung einzelner Charakteristika des Feinstaubes und deren toxikologischer Beurteilung notwendigen Aggregation der Einzelwirkungen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass auf dem Gebiet der toxikologischen Einordnung der Feinstäube aus Biomassefeuerungsanlagen noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Erste Untersuchungen deuten jedoch daraufhin, dass insbesondere die Qualität der Feuerung, das heißt, die Güte des Ausbrands, von erheblicher Bedeutung sein könnte – je weniger unverbrannter Kohlenstoff oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe im Abgas sind, desto geringer wurde die toxikologische Relevanz der Feinstäube in verschiedenen Untersuchungen eingestuft.

8 Fazit – häusliche Holzfeuerungsanlagen als Alternative zu Öl und Gas

Wärme wird seit Jahrtausenden aus Holz bereitgestellt. Genauso wie sich die Wirkungsgrade der Anlagen insbesondere in den letzten 15 Jahren deutlich verbessert haben, sind die Feinstaub-Emissionen moderner Kessel immer weiter gesunken und werden aufgrund anstehender technischer Entwicklungen noch weiter sinken. Damit nähern sich die spezifischen Staubemissionen moderner Holzfeuerungskessel immer weiter denen von Öl- und Gaskesseln an.

Häusliche Holzfeuerungsanlagen haben heute einen Anteil von etwa 15 - 20 % an den gesamten Staubemissionen in Deutschland. Würden alle alten Holzkessel auf moderne Geräte umgestellt und alle Holz-Öfen vorschriftsmäßig betrieben, so würde der Anteil der Staubemissionen aus diesem Bereich um mehr als die Hälfte sinken. Weiterhin würde die Umstellung einer Millionen Öl- und Gaskessel auf moderne Pelletfeuerungsanlagen die derzeitigen Feinstaubemissionen nur um deutlich weniger als 1 % ansteigen lassen.

Im Vergleich mit den erheblichen Vorteilen sowohl wirtschaftlicher Art für den Endverbraucher als auch ökologischer Art für die Gesellschaft durch die Reduzierung an Treibhausgasen sind moderne Holzfeuerungsanlagen, die vorschriftsmäßig betrieben werden, weiterhin eine vielversprechende Alternative zu Öl und Gas.

Literatur

Umweltbundesamt: Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM). Berlin, März 2005

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: 1. Zwischenbericht „Feinstaubemissionen aus häuslichen Holzfeuerungen – Einflüsse und Minderungsmöglichkeiten. Leipzig, 2006

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: 2. Zwischenbericht „Feinstaubemissionen aus häuslichen Holzfeuerungen – Einflüsse und Minderungsmöglichkeiten. Leipzig, 2007

Austrian Bio Energy Centre: Wörgetter und Moser: Emissionsbilanzen von Holzfeuerungen kleiner Leistung in Niederösterreich. Wieselburg, 2005

Feinstaubbelastung im Umfeld von Pellet- und Scheitholz-kesseln

Robert Kunde, Max Lautenbach, Matthias Gaderer, Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V., Garching; Gerhard Schmoeckel, LfU



Im Auftrag des Bayerischen
Staatsministeriums für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz

Kofinanzierung durch
den Europäischen Fond
für Regionale Entwicklung



Seit 01. Januar 2005 gilt innerhalb der EU-Mitgliedsstaaten ein Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Feinstaub (PM₁₀) in der Außenluft. Als weitere relevante Feinstaubquelle rücken neben dem Straßenverkehr nun auch die Gebäudeheizanlagen für feste Brennstoffe ins Blickfeld. Heizen mit Holz leistet bei nachhaltiger Forstwirtschaft aber zugleich einen Beitrag zum Klimaschutz.

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (BayLfU) hat daher den Auftrag vergeben, die Emissionen von Pellet- und Scheitholz-kesseln in der Praxis zu ermitteln und die Auswirkungen auf die Feinstaubbelastung im Umfeld der Anlagen anhand von Modellrechnungen abzuschätzen. Auftragnehmer für dieses Projekt ist das Bayerische Zentrum für angewandte Energieforschung e. V. in Garching bei München (ZAE Bayern), das von der Fa. Accon GmbH, Greifenberg, bei der Durchführung der Ausbreitungsrechnungen unterstützt wurde.

Das Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz im Rahmen der EU-Strukturförderung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.

Einführung

Am Anfang der Projektbearbeitung wurden Emissionsmessungen an Praxisanlagen (fünf Scheitholz-, fünf Pellet- und ein Getreidekessel) durchgeführt. Aus den Messergebnissen und unter Einbeziehung von Literaturdaten und Erfahrungswerten zum Wärmebedarf ließen sich für verschiedene Gebäudearten sog. Emissionszeitreihen bilden, in denen für jeden Kamin im Rechengebiet die emittierte Staubmenge (in g/h) für jede Stunde des Modelljahres hinterlegt ist.

Die Berechnung der Feinstaubkonzentrationen in der Umgebungsluft erfolgte mit dem Ausbreitungsrechenprogramm Austal2000 für zwei Modellgebiete in Niederbayern. Für eine der beiden Ortschaften wurden die Gebäude, in denen mit Holz geheizt wird, vor Ort ermittelt. Für die andere wurden fiktive Annahmen getroffen.

Ergebnisse der Emissionsmessungen

Die Bestimmung der gasförmigen Abgaskomponenten erfolgte über ein Mehrkomponenten-Messgerät der Firma Messtechnik Eheim GmbH („Visit 02“). Die Staubmessungen wurden sowohl mit einem Staubmessgerät zur Korngrößenabhängigen Bestimmung der Staubkonzentration („JohnAs-Impaktor“) als auch nach dem Schornsteinfeger-Messverfahren durchgeführt. Parallel dazu wurde mit einem elektrischen Niederdruckimpaktor (ELPI) die Partikelanzahl Korngrößenabhängig bestimmt.

Nachfolgende Konzentrationsangaben beziehen sich auf trockenes Abgas im Normzustand und einen Volumengehalt an Sauerstoff von 13 %.

Pelletkessel

Die Pelletkessel zeichneten sich durch einen relativ gleichmäßigen Verlauf der Emissionen an Kohlenmonoxid (CO) während des Messzeitraumes aus. Bei den besseren Kesseln lagen die CO-Konzentration zwischen 10 und 100 mg/m³ (siehe Abb. 1), die schlechteren wiesen CO-Konzentrationen zwischen 100 und 1000 mg/m³ auf. Die Staubkonzentrationen lagen zwischen 15 und 40 mg/m³.

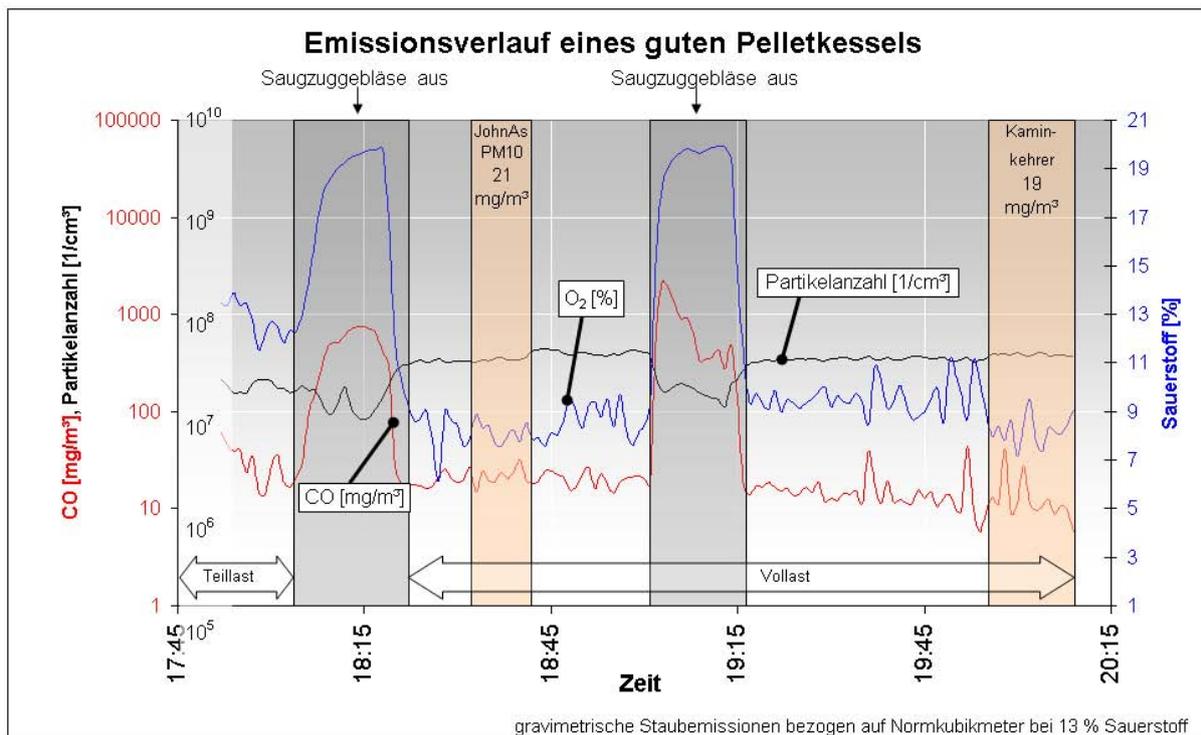


Abb. 1: Emissionsverlauf eines modernen Pelletkessels

Scheitholzkessel

Das Abgas von heutigen Scheitholzkesseln mit unterem oder seitlichem Abbrand ist durch erhöhte CO-Konzentration bis über 10.000 mg/m³ kurz nach dem Anheizen gekennzeichnet. Nach etwa 10 - 20 Minuten sinken die CO-Gehalte bei den besseren Scheitholzkesseln dauerhaft auf Werte unter 100 mg/m³ ab, bis der Füllschacht nach 2 - 4 Stunden leer gebrannt ist. Bei den schlechteren Kesseln kommt es immer wieder zu CO-Spitzen (siehe Abb. 2). Diese sind auf Störungen im Verbrennungsablauf nach Verhaken von Holzscheiten im Brennstoffschacht durch Wärmeausdehnung zurückzuführen. Manchmal musste die Verbrennung sogar von Hand wieder in Gang gebracht werden. Die Staubkonzentrationen lagen im störungsfreien Betrieb zwischen 20 und 60 mg/m³. Während der Störungen ist zwar ein Anstieg der Partikelanzahl erkennbar, qualitative Rückschlüsse auf die Massenkonzentration lassen die vorliegenden Messergebnisse aber nicht zu.

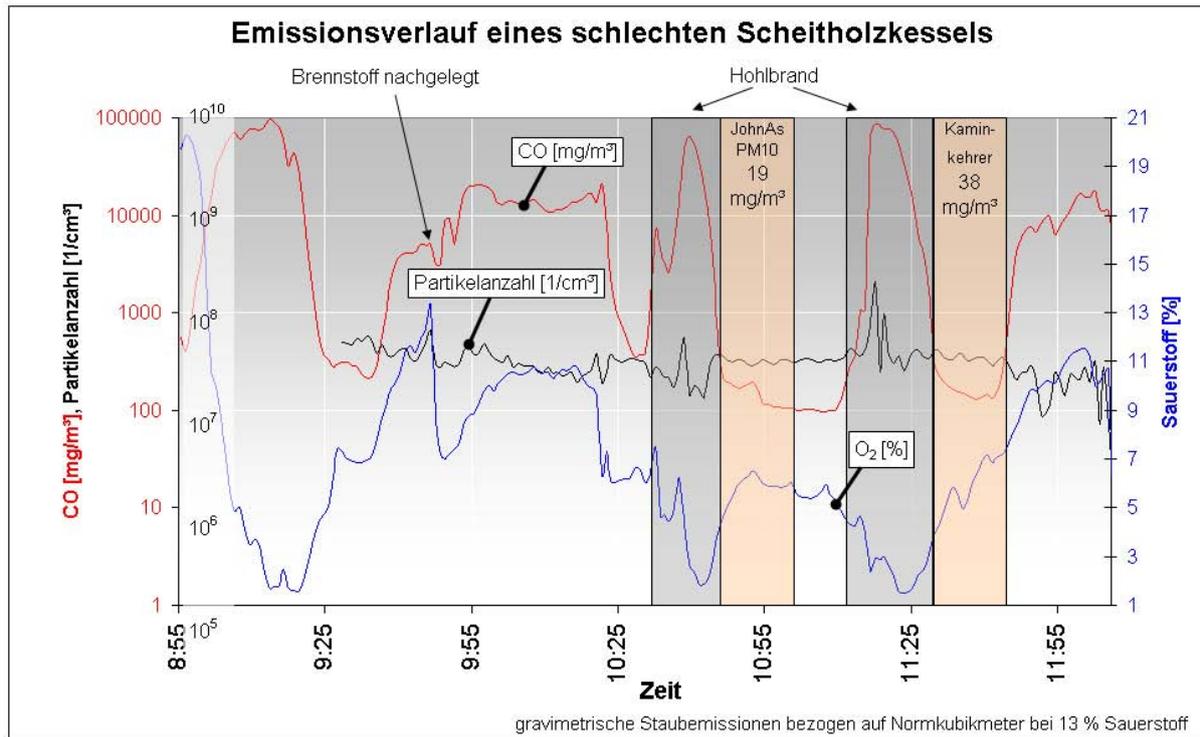


Abb. 2: Emissionsverlauf eines älteren Scheitholzkessels

Emissionsfaktoren

Tabelle 1 enthält die auf die Energiebereitstellung bezogenen Emissionsfaktoren, die für die Bildung der Emissionszeitreihen zugrunde gelegt wurden. Bei einem typischen mittleren Wirkungsgrad der Feuerung von 80 % entspricht z. B. eine Staubkonzentration im Abgas von 30 mg/m³ einem energiebezogenem Emissionsfaktor von 20 mg/MJ.

Tab. 1: Emissionsfaktoren

Emissionsquelle	E-Faktor	Datenquelle
Pelletkessel „gut“ ohne Pufferspeicher	20 mg/MJ	LfU / ZAE
Pelletkessel „schlecht“ ohne Pufferspeicher	40 mg/MJ	LfU / ZAE
Scheitholzkessel „gut“ mit Pufferspeicher	30 mg/MJ	LfU / ZAE
Scheitholzkessel „schlecht“ ohne Pufferspeicher	100 mg/MJ	LfU / ZAE
Hackgutkessel 75 - 250 kW ohne Pufferspeicher	50 mg/MJ	LfU / ZAE
Küchenherd	76 mg/MJ	UBA
Kachelofen	111 mg/MJ	UBA
Kaminofen (Schwedenofen)	113 mg/MJ	UBA

UBA: Umweltbundesamt; Forschungsbericht Nr. FB 299 44 140

LfU / ZAE: eigene Erfahrungen

Emissionszeitreihen

In den beiden Rechengebieten waren zunächst die mit Holz beheizten Gebäude sowie ihre jeweilige Heizcharakteristik zu definieren. Dabei wurde in Abhängigkeit von Baujahr, Wohnfläche und Wärmeüberträger (Radiatoren/ Fußbodenheizung) zwischen fünf verschiedenen Gebäudemodellen unterschieden.

Zentralheizungskessel

Nach den Erfahrungen des ZAE Bayern aus vorangegangenen Studien im Zusammenhang mit Nahwärmenetzen können den fünf angesetzten Gebäudemodellen spezielle Tages-Heizlastkurven zugeordnet werden (siehe Abb. 3). In diesen Kurven ist für den Zeitraum eines Tages das Verhältnis der momentan benötigten Wärmemenge zu der an diesem Tag maximal benötigten Wärmemenge dargestellt.

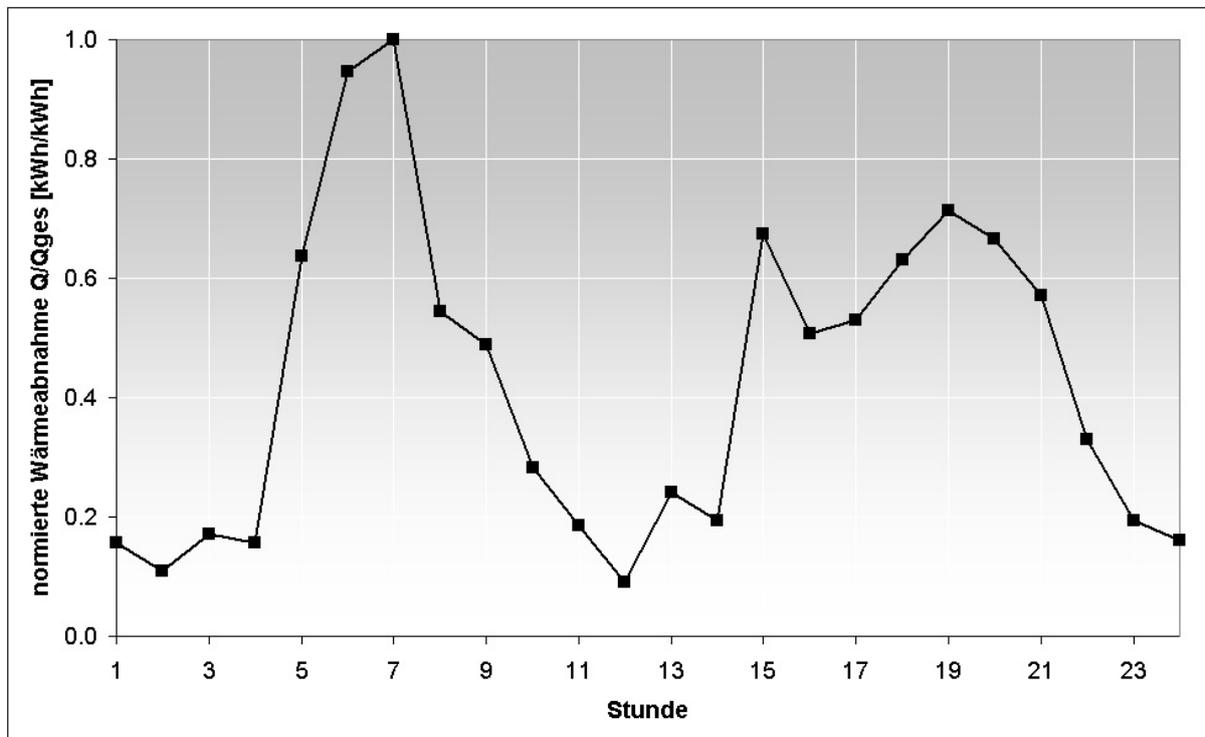


Abb. 3: Beispiel eines normierten Tageslastgangs

Für alle Gebäude wurde angenommen, dass bei einer mittleren Außentemperatur von -14 °C die Heizanlage bei maximaler Leistung (Nennwärmeleistung) betrieben und bei Außentemperaturen von mehr als 14 °C abgeschaltet wird. Weiter wurde angenommen, dass zwischen der Außentemperatur und der benötigten Wärmemenge ein linearer Zusammenhang besteht und dass der Brauchwarmwasserbedarf jeden Tag gleich ist. In der Heizperiode (1. Okt. - 30. Apr.) addieren sich der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser, in den Sommermonaten wird nur Brauchwarmwasser erzeugt.

Ausgehend vom Temperaturverlauf des Modelljahres ergibt sich so für jedes Gebäudemodell abhängig von der Nennwärmeleistung der Heizungsanlage der Jahresverlauf des Wärmebedarfs (Jahres-Heizlastkurve in kW). Die Kurve zeigt in den Monaten Mai bis September ausschließlich Wärmebedarf für das einmal tägliche Aufheizen des Brauchwasserspeichers auf.

Im Gegensatz zu Pelletfeuerungen werden ScheitholzkesseIn in der Regel mit Pufferspeichern bzw. Kombispeichern für Brauchwarmwasser und Heizung betrieben. Das Speichervolumen wurde entsprechend den „Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ vom 12.01.2007 mit einem Speichervolumen von 55 l je kW installierter Nennwärmeleistung in den Stufen von 250, 500 ... 2500 Liter angesetzt. Zur Simulation der Wärmebereitstellung beim Einsatz von Pufferspeichern wurde ein am ZAE Bayern entwickeltes Programm verwendet. Hiermit wurden die für die jeweiligen Gebäude erstellten Heizlastkurven modifiziert.

Zur Berechnung der Emissionszeitreihen (siehe Abb. 4) wurde für jede Stunde des Modelljahres der Wert der Jahres-Heizlastkurve des jeweiligen Gebäudes mit dem Emissionsfaktor des zugehörigen Kessels multipliziert.

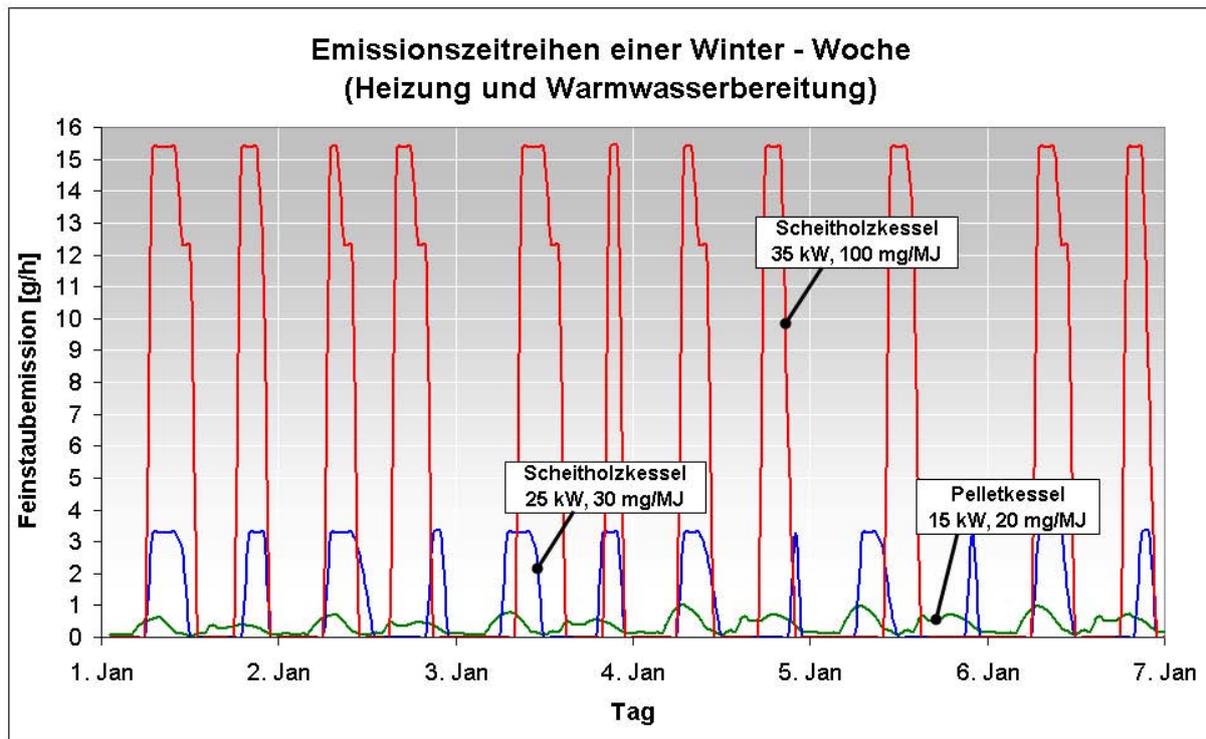


Abb. 4: Emissionszeitreihen einer Winterwoche

Einzelfeuerstätten

Für die Simulation der realen Beheizungsstruktur im Modellgebiet B mussten neben den Holz-Zentralheizungskesseln auch die Einzelfeuerstätten (Feuerstätten zur Beheizung einzelner Wohnräume) erfasst werden. Hierzu wurde der vor Ort zuständige Bezirkskaminkehrermeister befragt. Je nach erforderlicher Kehrhäufigkeit (einmal oder mehrmals jährlich) wurde zwischen den selten betriebenen und den häufig betriebenen Feuerstätten unterschieden.

Die Erstellung der Tages-Heizlastkurven erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Verfahrens- und Dampfkesselwesen an der Universität Stuttgart. Die für Kamin- und Kachelöfen festgelegten Lastkurven sind in Abbildung 5 dargestellt.

Die Tageslastkurven wurden für jeden Tag angesetzt, an dem die mittlere Außentemperatur kleiner als 14 °C ist. Um die Witterungsabhängigkeit der Emissionen zu berücksichtigen, wurden die Tageslastkurven zusätzlich jeweils mit dem Tagesmittelwert der Außentemperatur entsprechend der Vorgehensweise für Zentralheizkessel gewichtet.

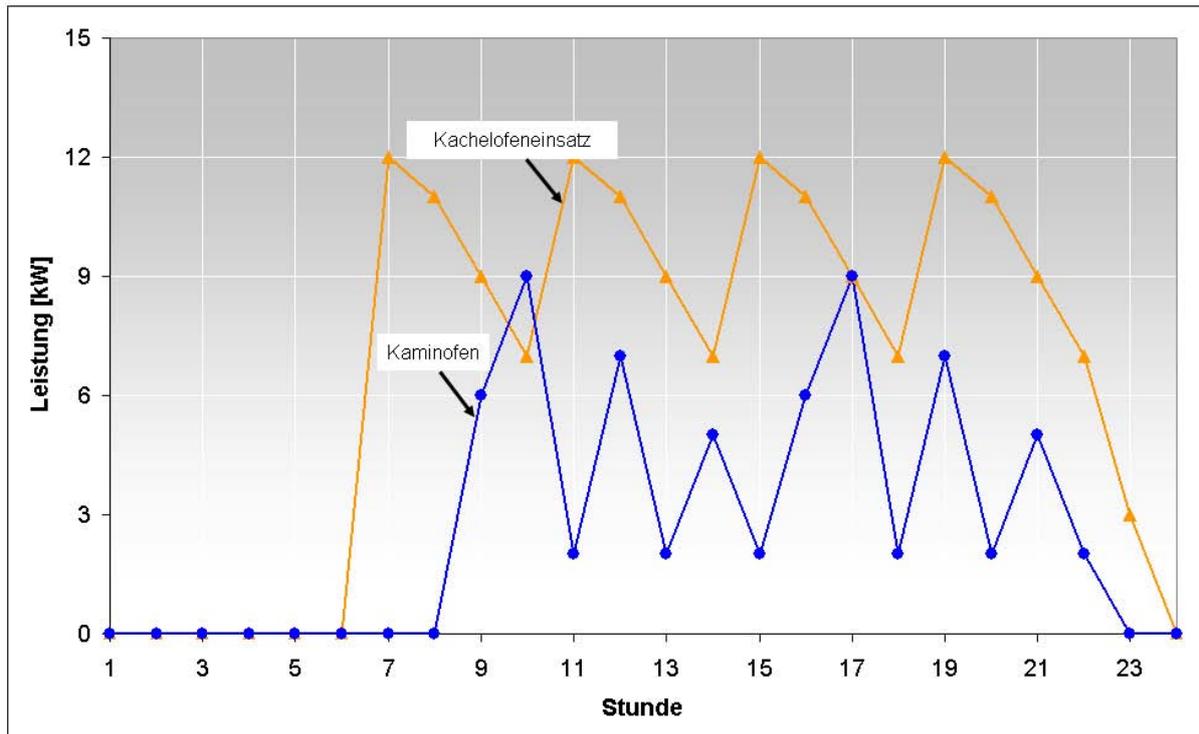


Abb. 5: Lastkurven für Einzelfeuerstätten

Durchführung der Ausbreitungsrechnungen

Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten für einen Ausschnitt der Ortschaft A (650 m x 700 m mit 280 Gebäuden; siehe Abb. 6) und den Ortskern der Ortschaft B (1.000 m x 900 m mit 336 Gebäuden; siehe Abb. 7). Die Auflösung des Rechengitters betrug 3 x 3 m.

Gebäude

Um den Einfluss der Gebäude auf die Ausbreitung der Schadstoffe zu modellieren, wurden die Grundrisse der Gebäude und deren Höhen ermittelt. Digitale Flurkarten (DFK) lieferten die Eckpunkte der Gebäudegrundrisse. Bei einer Ortsbesichtigung wurden die Gebäudehöhen abgeschätzt.

Das angewendete Rechenprogramm Austal2000 kann den Einfluss von Sattel- oder Spitzdächern nicht simulieren. Die Gebäude fließen als quaderförmige Bauwerke in die Rechnung ein. Vereinfachend wurden die Gebäudehöhen daher um 1,5 m reduziert, die Emissionsquellhöhen aber in Firsthöhe definiert. Zudem wurden die Programmeinstellungen so vorgenommen, dass Abgasfahnenüberhöhungen durch die im Abgas noch enthaltene Wärme nicht berücksichtigt werden.

Geländemodell

Der Einfluss des Geländes auf die Schadstoffausbreitung wurde mit einem digitalen Geländemodell (DGM 50) modelliert. Das verwendete DGM 50 beschreibt das Gelände dreidimensional in einem Gitter mit 50 m Gitterweite in der Ebene und 0,1 m in der Höhe.

Meteorologische Daten

Der Berechnung der Schadstoffausbreitung liegen meteorologische Daten zugrunde. Für die beiden Modellgebiete A und B selbst standen keine vor Ort gemessenen meteorologischen Zeitreihen („AK-Term“) zur Verfügung, in denen u. a. Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsstärke für jede Stunde des Modelljahres hinterlegt sind. Daher wurden die entsprechenden Daten der Wetterstationen „Erdinger Moos“ für 1995 und „Straubing“ für 1999 jeweils auf einen Referenzpunkt in der Nähe der Modellgebiete übertragen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ermittelte die Zeitreihen für beide Modellgebiete für repräsentative Jahre und prüfte ihre Übertragbarkeit.

Beurteilung von Immissionsbelastungen

Der seit dem 01.01.2005 geltende Immissionsgrenzwert für Feinstaub in der Umgebungsluft von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ darf im Jahresmittel nicht überschritten werden. Als Grenzwert für das Tagesmittel gilt ein Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieser darf jedoch bis zu 35 mal im Jahr überschritten werden.

Einen typischen Verlauf der Feinstaubbelastung in einem ländlichen Gebiet zeigt Abbildung 4, in der der Verlauf der Feinstaubkonzentration in der Umgebungsluft der Messstation des Bayer. Landesamts für Umwelt in der Stadt Regen in Niederbayern für das Jahr 2005 dargestellt ist. Es ist erkennbar, dass beide Immissionsgrenzwerte deutlich unterschritten wurden.

Die Belastung durch Feinstaub setzt sich aus Hintergrund- und Zusatzbelastung zusammen. Ausbreitungsrechnungen liefern Informationen über die Zusatzbelastung. Die TA Luft unterscheidet bei der Beurteilung von Umweltauswirkungen durch Emissionen aus Anlagen zwischen relevanten und irrelevanten Zusatzbelastungen. Sind nur irrelevante Zusatzbelastungen durch ein Vorhaben zu erwarten, ist eine weitergehende Prüfung der Gesamtbelastung meistens nicht erforderlich.

Für Feinstaub beträgt diese Irrelevanzschwelle $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen

Das Ausbreitungsrechenprogramm gibt für jeden Punkt des Rechengitters einen Jahresmittelwert sowie den maximal auftretenden Tagesmittelwert aus. An einzelnen Gitterpunkten können auch alle 365 Tagesmittelwerte eines Jahres ausgegeben werden. Zur Abschätzung der Häufigkeit hoher Tagesmittelwerte wurde an den Orten mit den höchsten Immissionskonzentrationen (Monitorpunkte) die Häufigkeitsverteilung der Tagesmittelwerte bestimmt. So kann für die Monitorpunkte abgeschätzt werden, mit welcher Zusatzbelastung an den 35 höchstbelasteten Tagen zu rechnen ist.

Modellgebiet A

Zur Ermittlung der wesentlichen Einflussgrößen auf die Staub-Immissionskonzentrationen wurden verschiedene Varianten untersucht.

In Variante V0 wurde angenommen, dass 10 % der 280 Gebäude in dem Modellgebiet A mit Holz beheizt werden und zwar jeweils zur Hälfte mit Pellet- bzw. mit Scheitholzkesseln. Die Holzessel wurden gleichmäßig über das Modellgebiet verteilt. Dabei sollte es sich um eher emissionsarme Kessel (Pelletkessel: $20 \text{ mg}/\text{MJ}$; Scheitholzkessel: $30 \text{ mg}/\text{MJ}$) handeln. Holzbeheizte Einzelfeuerstätten wurden in keiner der Varianten angesetzt. Der höchste berechnete Jahresmittelwert bei dieser Variante V0 betrug $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die höchsten Belastungen traten in unmittelbarer Nähe zur Emissionsquelle auf. Mit zunehmender Entfernung nimmt die Belastung schnell ab. Die Häufigkeitsverteilungen der Tagesmittelwerte an den Monitorpunkten zeigen, dass an 35 Tagesmittelwerten (dies entspricht etwa dem 90. Perzentil) eine Zusatzbelastung von $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten werden kann.

Mit der Variante V1 wurde die Situation bei eher emissionsreicheren Kesseln (Pelletkessel: 40 mg/MJ; Scheitholzkessel: 100 mg/MJ) untersucht. Ansonsten waren die Annahmen identisch mit denen der Variante V0. Abbildung 6 zeigt eine grafische Darstellung der Rechenergebnisse. Sie veranschaulicht, dass die relevanten Auswirkungen der Holzfeuerung offenbar auf die direkte Nachbarschaft begrenzt bleiben. Der maximale Jahresmittelwert (am Monitorpunkt 10) betrug $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An 35 Tagesmittelwerten kam es zu einer Überschreitung eines Tagesmittelwertes von $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Feinstaub-Zusatzbelastung liegt bei dieser Variante deutlich über der in der TA Luft genannten Irrelevanzschwelle. In Gebieten mit hoher Hintergrundbelastung könnten Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung erforderlich werden.

Bei Variante V2 wurde die Anzahl der Pelletkessel im Rechengebiet verdreifacht und ansonsten die Annahmen von Variante V0 übernommen. Die Ergebnisse zeigten an keinem Rechenpunkt einen höheren Jahresmittelwert als bei Variante V0. Allerdings ergaben sich etwas höhere Tagesmittelwerte an den Monitorpunkten (35 Tagesmittelwerte überschreiten $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

In Variante V3 sollten die Auswirkungen untersucht werden, wenn ein begrenztes (Neubau) Gebiet zu 100 % mit emissionsarmen Pelletkesseln beheizt wird. Hierzu wurden 28 Gebäude im südwestlichen Bereich des Modellgebiets ausgewählt. Der maximale Jahresmittelwert ($0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und das 90. Perzentil der Tagesmittelwerte ($1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sind mit denen der Variante V0 vergleichbar: die Überlagerung der Abgasfahnen der Pelletkessel (Emissionsfaktor 20 mg/MJ) erhöht die Immissionskonzentrationen auf Werte, wie sie im Nahbereich von Scheitholzfeuerungen (Emissionsfaktor 30 mg/MJ) auftreten.

Variante V4 enthält zusätzlich zur Variante V3 die in Variante V0 angesetzten Holz-Heizkessel. Der maximale Jahresmittelwert beträgt nun $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, und liegt damit um $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über dem maximalen Jahresmittelwert der Variante V0.

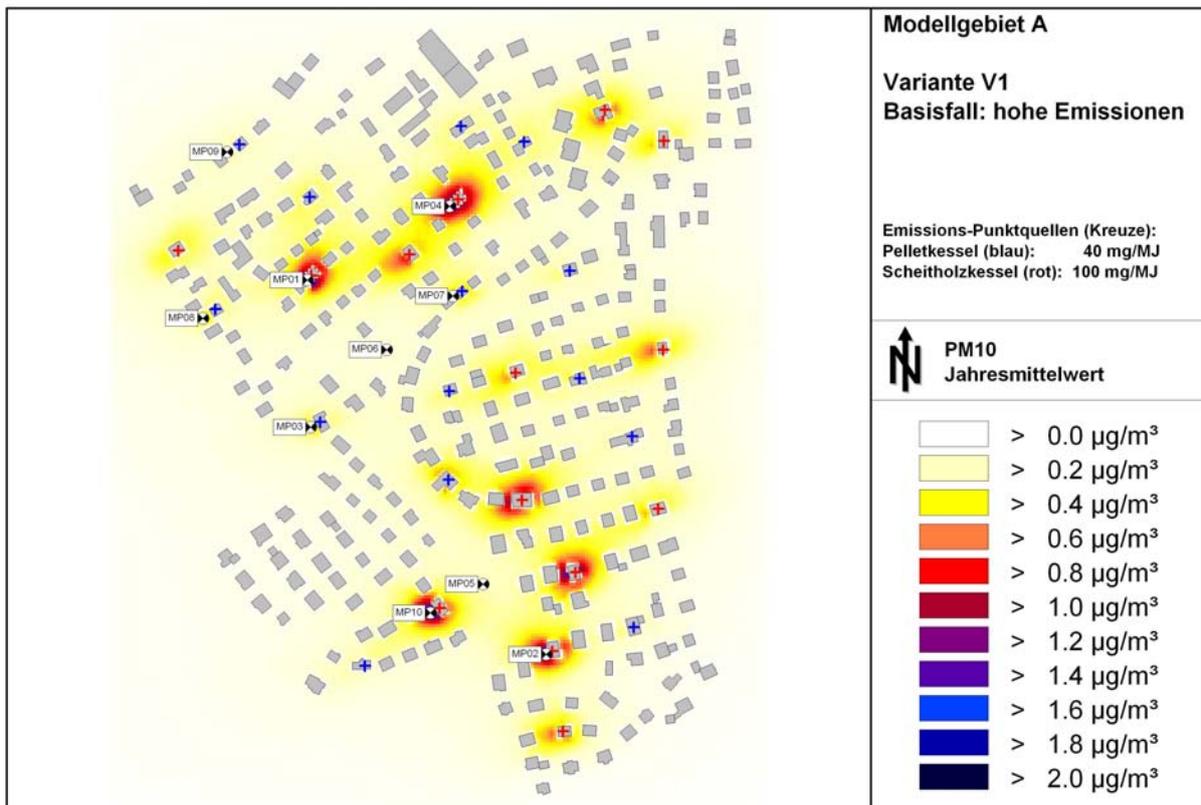


Abb. 6: Berechnete Immissionskonzentration im Modellgebiet A, Variante V1

Modellgebiet B

Für Modellgebiet B wurde die reale Beheizungsstruktur abgebildet. Die Befragung des zuständigen Kaminkehrermeisters ergab, dass holzbeheizte Einzelfeuerstätten in dem Modellgebiet B einen ganz erheblichen Beitrag an der Wärmeversorgung der 336 Gebäude haben.

Tab. 2: Anzahl und Betriebsweise der Feuerstätten in Modellgebiet B

Feuerstätte	Gebäudeanzahl	Betriebsweise
Pelletkessel	1	in der Heizperiode
Scheitholzessel	9	in der Heizperiode
Hackschnitzelkessel	3	in der Heizperiode
Küchenherde	17	17 täglich; ganzjährig
Kaminöfen	19	11 täglich, 8 selten; in der Heizperiode
Kachelöfen	11	7 täglich, 4 selten; in der Heizperiode
Kombinationen	31	überwieg. täglich; in der Heizperiode
Summe	91	-

Die Rechenergebnisse sind in Abbildung 7 graphisch dargestellt. Der maximale Jahresmittelwert (Monitorpunkt 1) beträgt $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An 35 Tagesmittelwerten kam es zu einer Überschreitung eines Tagesmittelwertes von $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Ergebnisse bestätigen die für das Modellgebiet A getroffenen Aussagen.

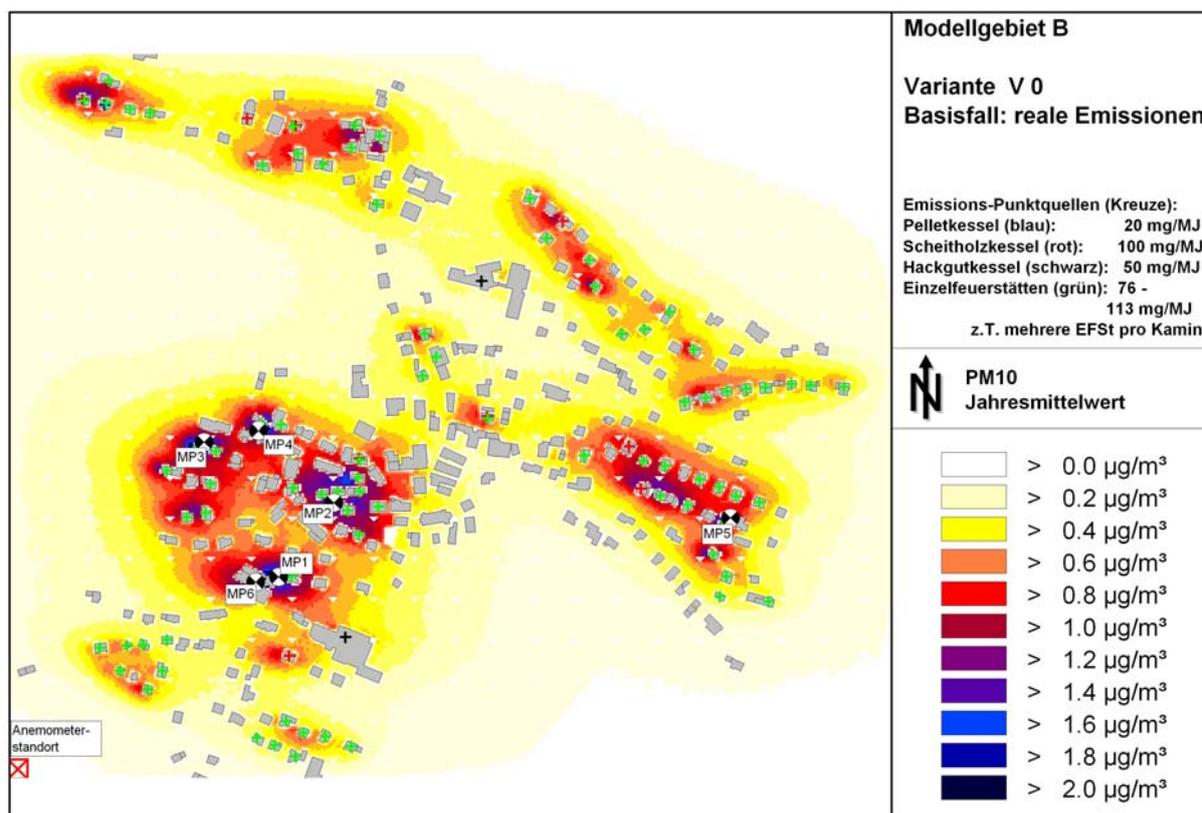


Abb. 7: Berechnete Immissionskonzentration im Modellgebiet B, Variante V0

Im Umfeld eines Heizwerkes wurde eine deutlich höhere Immissionskonzentration berechnet. Da die Rechnungen jedoch ohne Berücksichtigung der Abgasfahnenüberhöhung durchgeführt wurden, muss dieses Detailergebnis mit Vorsicht interpretiert werden, sodass hier auf eine konkrete Darstellung verzichtet wird.

Fazit

Die Feinstaubbelastung in der Nachbarschaft von Holzfeuerungsanlagen setzt sich aus der allgemeinen Hintergrundbelastung und der Zusatzbelastung durch die Emissionen der benachbarten Feuerungsanlagen zusammen. Die Zusatzbelastung ist von mehreren Faktoren abhängig:

- *Emissionen der Feuerstätte*: Betriebsweise, Anlagengüte, Wärmeleistung und Betriebsdauer bestimmen die von der Anlage ausgehende Feinstaubmenge
- *Ausbreitungssituation*: großen Einfluss auf die Verteilung der Schadstoffe haben Windrichtung, Windgeschwindigkeit und die Häufigkeit von Inversionswetterlagen. Ausbreitungsrechnungen mit der Ausbreitungsstatistik von Standorten in Gebirgstälern würden deutlich höhere Immissionskonzentrationen liefern.
- Lage der Emissionsquelle: Wesentlichen Einfluss auf die Feinstaubbelastung hatten die Entfernung zwischen Immissionsort und Emissionsquelle(n) sowie die Höhe der Emissionsquelle. In Siedlungen dichter bebauter Gebiete, wo Überlagerungen mehrerer Abgasfahnen auftreten, müssen höhere Immissionskonzentrationen erwartet werden.

In ländlichen Gebieten ist bei lockerer Bebauung in ebenem Gelände die Feinstaub-Zusatzbelastung durch emissionsarme Holzfeuerungsanlagen vertretbar. Im unmittelbaren Nahbereich emissionsreicher Holzfeuerungsanlagen können allerdings kritische Werte, die nicht mehr als irrelevant im Sinne der TA Luft anzusehen sind, erreicht werden.

Der Abschlussbericht steht auf der Internetseite des BayLfU zum Download zur Verfügung.

Immissionsbelastungen durch Gebäudeheizungen, Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen für ein ländliches und ein städtisches Modellgebiet

Alfred Trukenmüller, Umweltbundesamt

Kurzfassung

Ein eigens entwickeltes mikroskaliges Emissionsmodell für den Hausbrand (IVD, Universität Stuttgart) und mikroskalige Windfeld- und Ausbreitungsmodelle (MISKAM, AUSTAL2000) wurden kombiniert, um die PM₁₀-Zusatzbelastung (sowie die Zusatzbelastung durch Stickstoffdioxid und weitere Schadstoffe) durch Hausbrand in hypothetischen Wohngebieten im Bottom-up-Verfahren zu berechnen. Im Mittelpunkt der Betrachtung stand die Verbrennung fester Biomasse, als Referenzfälle wurden zusätzlich die Belastungen beim Einsatz von Öl- und Gasheizungen modelliert. Grundlage für eine große Zahl von Szenarienrechnungen bildete die Bebauung eines konkreten ländlichen und eines konkreten städtischen Wohngebiets. Falls ein signifikanter Anteil der Raumwärme im Wohngebiet durch Holzbrennstoffe erzeugt wird (ab ca. 10 % im ländlichen und ca. 5 % im städtischen Gebiet), ist nach den vorliegenden Ergebnissen im Jahresmittel mit PM₁₀-Zusatzbelastungen von einigen Mikrogramm pro Kubikmeter zu rechnen. Dies spannt den Rahmen für die Wirksamkeit möglicher Maßnahmen beim Sektor Hausbrand. Beispielsweise könnte ein sukzessiver Austausch von Altanlagen, wie er im Entwurf für die Novellierung der 1. BImSchV vorgesehen ist, in entsprechenden Wohngebieten im Zeitraum 2015-2025 je nach PM₁₀-Vorbelastung und Energieanteil der Holzbrennstoffe eine Minderung von 2 - 20 Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwerts bewirken. Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts des UFOPLAN vom Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkeselwesen der Universität Stuttgart in Verbindung mit dem Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG Karlsruhe durchgeführt. Um die Modellergebnisse abzusichern, sieht der Projektplan eine Validierung durch Immissionsmessungen in einem geeigneten Wohngebiet vor.

1 Einleitung

Im Geltungsbereich der 1. BImSchV [1] tragen Holzbrennstoffe etwa 11 % zur Wärmeerzeugung, jedoch 88 % zu den Emissionen von Feinstaub (PM₁₀) bei. Damit erreichen die PM₁₀-Emissionen holzbeschickter Kleinf Feuerungsanlagen etwa 12 % der nationalen Emissionsfracht, das ist vergleichbar mit den PM₁₀-Emissionen sämtlicher Verbrennungsmotoren im Straßenverkehr. Dabei wird die Zahl der holzbeschickten Kleinf Feuerungsanlagen wegen hoher Öl- und Gaspreise und wegen der Förderung der klimaneutralen erneuerbaren Energieträger voraussichtlich weiter zunehmen (Abb. 1).

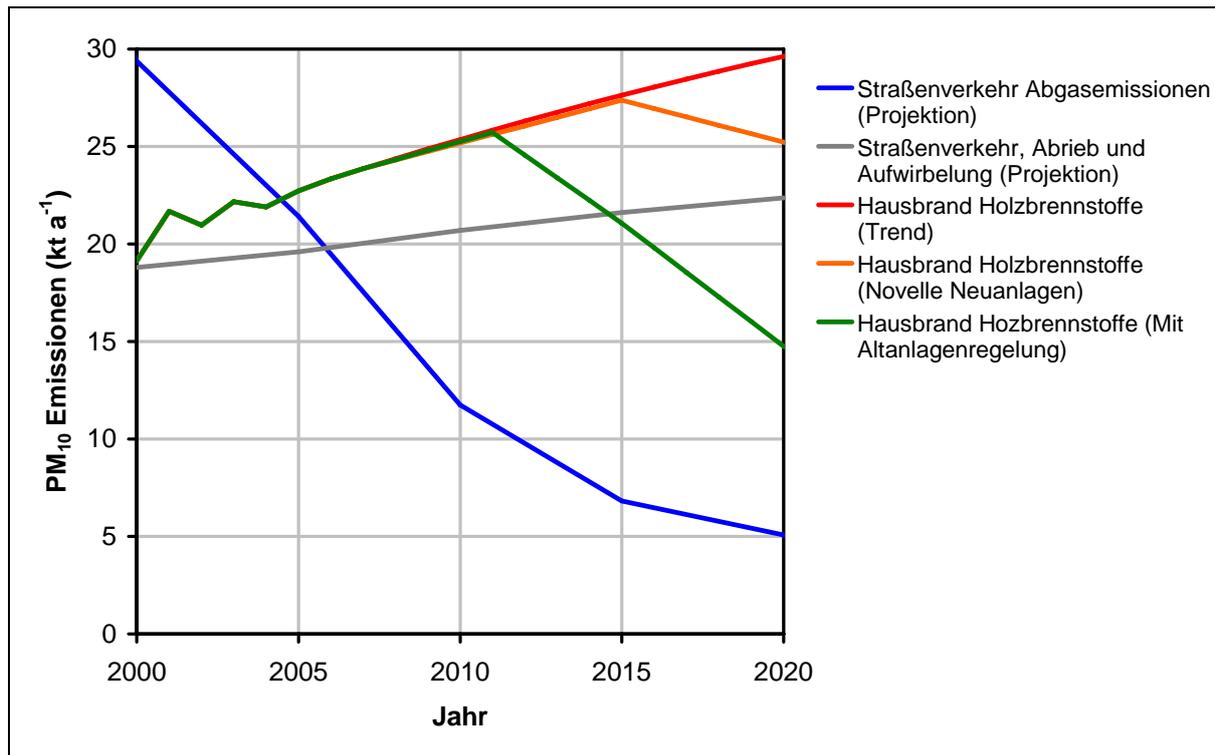


Abb. 1: Entwicklung der Feinstaubemissionen des Straßenverkehrs und der holzbeheizten Anlagen des Hausbrands nach aktuellen Daten des Umweltbundesamts. Beim Hausbrand werden drei Szenarien unterschieden: Fortschreibung des zunehmenden Einsatzes von Holzbrennstoffen ohne Novellierung der 1.BImSchV (rote Kurve), Novellierung der 1.BImSchV nur für Neuanlagen (orangefarbene Kurve) und Novellierung der 1.BImSchV einschließlich des vorgesehenen schrittweisen Austauschs von Altanlagen (grüne Kurve).

Weniger sicher als der Beitrag kleiner Holzfeuerungsanlagen zu den Feinstaubemissionen ist ihr Einfluss auf die Immissionssituation. Einerseits wurde beispielsweise im schweizerischen Projekt AE-ROWOOD mit Hilfe von 14C-Analysen ermittelt, dass Holzheizungen in Roveredo und Moleno im Winter vier- bis sechsmal so viel zu den PM₁₀-Konzentrationen beitragen wie der Verkehr, obwohl Roveredo unmittelbar an der San Bernardino-Route, Moleno an der Gotthardtransitachse liegt [2]. In diesen Tallagen werden die lokal emittierten primären Schadstoffe durch häufige und sehr starke Inversionen in den untersten 100 Metern angereichert. Auf der anderen Seite zeigen Luftreinhaltepläne, dass die Emissionen des Hausbrands in deutschen Großstädten nur unwesentlich zur Feinstaubbelastung an den betrachteten verkehrsnahen Messstellen beitragen (siehe z. B. [3]). Dort ist jedoch rund die Hälfte der Feinstaubkonzentration auf den Ferntransport von primären und sekundären Aerosolen und etwa ein weiteres Viertel auf die Verkehrsemissionen in der Straßenschlucht zurückzuführen.

Auf der Grundlage der genannten extremen Beispiele kann nur grob geschätzt werden, welche Zusatzbelastungen in unterschiedlichen Wohngebieten von Feststoffheizungen ausgehen. Daher gab das Umweltbundesamt ein Forschungsprojekt in Auftrag, in dem diese Frage für eine große Bandbreite von Verhältnissen mit Hilfe von Emissions- und Ausbreitungsmodellen beantwortet werden soll. In der Studie wird der Einfluss des Brennstoffs, der Feuerungsanlagen und des Benutzerverhaltens (vgl. [4]), aber auch des Klimas, der Schornsteinhöhen, der Bebauungsstruktur und der Ausbreitungsbedingungen auf die Konzentrationen wichtiger Schadstoffe untersucht. Das Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD) der Universität Stuttgart leitet das Projekt und modelliert die Emissionszeitreihen. Das Emissionsmodell, das nicht auf Mittelwerten beruht, sondern das zeitabhängige

Betriebsverhalten der Feuerungsanlagen abbildet, liefert die Grundlage für die Ausbreitungsrechnungen, die durch das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG durchgeführt werden.

2 Modellkonzept

Die Modellierung soll Aussagen über Belastungen liefern, die durch die Verfeuerung von fester Biomasse und im Vergleichsfall durch die Verfeuerung der fossilen Energieträger Gas und Öl in Haushalten hervorgerufen werden. Diese Belastungen hängen von vielen Einflussgrößen ab und variieren deshalb innerhalb einer großen Bandbreite. Analog zu Anhang 3 der TA Luft [5] unterscheidet der Modellansatz zwischen einer modellinternen Variabilität der Immissionskonzentration, welche das Modell auflösen muss, die aber bei der Auswertung zu Kennwerten aggregiert wird, und Unterschieden zwischen den in verschiedenen Modellläufen berechneten Kennwerten. Von der Ausbreitungsmodellierung nach TA Luft unterscheidet sich der Ansatz darin, dass anstelle einer genehmigungsbedürftigen Anlage komplette Wohngebiete mit 320 bzw. 651 voneinander unabhängigen Quellen untersucht und die Belastungen nur innerhalb dieser Gebiete ausgewertet werden.

Aggregiert wird einerseits die zeitliche Variation der Zusatzbelastungen. Das Ausbreitungsmodell rechnet intern mit stündlicher Auflösung, sowohl hinsichtlich der Emissionszeitreihen, die für jedes Gebäude vorliegen, als auch hinsichtlich der Meteorologie. Die stündlichen Konzentrationswerte der einzelnen Schadstoffe werden an jedem Ort zu Jahresmittelwerten und weiteren Beurteilungswerten aggregiert.

Aggregiert wird zum anderen die räumliche Variabilität der jahresmittleren Konzentrationsfelder. Sie hat ihre Ursachen in der räumlichen Struktur der Bebauung und in deren Einfluss auf das Windfeld, in den unterschiedlichen Höhen der Schornsteine und in den unterschiedlichen Stärken der Emissionen der einzelnen Gebäude. Diese räumliche Variabilität der Konzentration wird zu statistischen Kennwerten zusammengefasst. Um repräsentative Kennwerte zu erhalten, wurden im Modell real existierende Wohngebiete mit möglichst vielfältigen Bebauungsstrukturen abgebildet.

Zwischen innerstädtischen und ländlichen Zusatzbelastungen wird dagegen explizit unterschieden, nämlich durch Untersuchung eines ländlichen Modellgebiets mit lockerer Bebauung und eines innerstädtisches Modellgebiets mit dichter mehrstöckiger Bebauung (Abb. 2). Zweitens wird unterschieden zwischen dem Klima in verschiedenen Regionen Deutschlands, das den Wärmebedarf der Gebäude und damit die Emissionen beeinflusst. Schließlich werden bei der Ausbreitungsmodellierung drei Meteorologien unterschieden, welche die Bedingungen im norddeutschen Tiefland, in Süddeutschland und in einer austauscharmen Tallage repräsentieren.

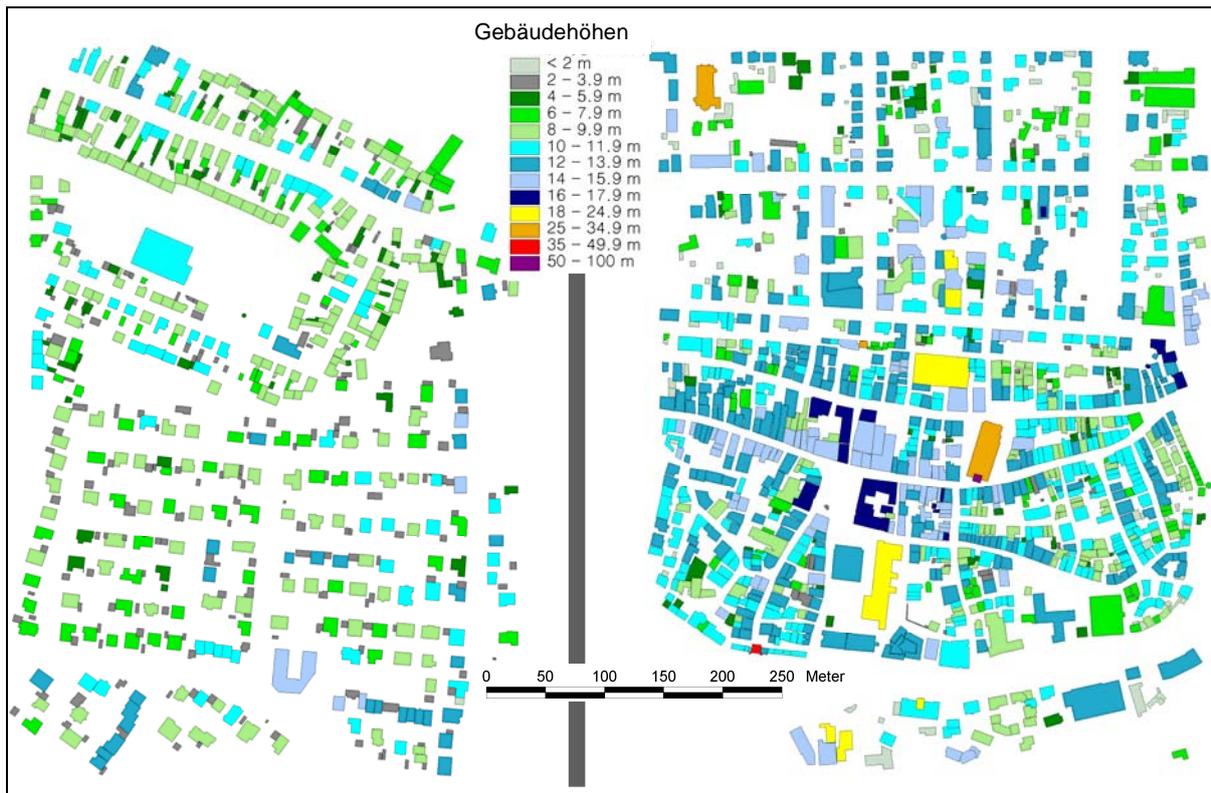


Abb. 2: Modell eines ländlichen (linke Bildhälfte) und eines städtischen Wohngebiets (rechts). Die Gebäudehöhen sind farblich kodiert.

Abbildung 3 zeigt die Vorgehensweise im Überblick: Emissionszeitreihen werden vom IVD der Universität Stuttgart bereitgestellt. Das eigens zu diesem Zweck entwickelte Emissionsmodell (Abb. 4) beruht auf täglichen Energiebilanzen der einzelnen Gebäude, welche Gebäudegeometrie, Gebäudealter, Anzahl und Benutzertyp der Bewohner sowie die Zeitreihe der Außentemperatur in stündlicher Auflösung (TRY = Test Reference Year) [6] berücksichtigen. Bei der lastabhängigen Modellierung der Emissionen werden die Beiträge aus dem stationären Betrieb und die Mehremissionen bei Start- und Stoppvorgängen getrennt berechnet [7], [8]. Mit dem hindernisauflösenden Windfeldmodell MISKAM [9] werden für das ländliche und das städtische Modellgebiet Windfeldbibliotheken erzeugt, die zusammen mit standortabhängigen Ausbreitungsklassen-Zeitreihen (AKTerm) [10] als Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [11] dienen. Das Ausbreitungsmodell liefert in einer Auflösung von $4 \times 4 \text{ m}^2$ Felder mit Jahresmittelwerten der Zusatzbelastung von PM_{10} und weiteren Schadstoffen. In Anlehnung an die großräumigen Standortkriterien für Probenahmestellen in der 22. BImSchV [12] und die dort formulierten Anforderungen an die räumliche Repräsentativität werden zunächst Konzentrationswerte aus 16 benachbarten Gitterzellen zu Mittelwerten über gebäudefreie „Beurteilungsflächen“ von je 256 m^2 aggregiert. Aus diesen Werten werden schließlich der Flächenmittelwert über alle Beurteilungsflächen, das Maximum (Jahresmittelwert der am stärksten beaufschlagten Beurteilungsfläche) und weitere statistische Kennwerte berechnet.

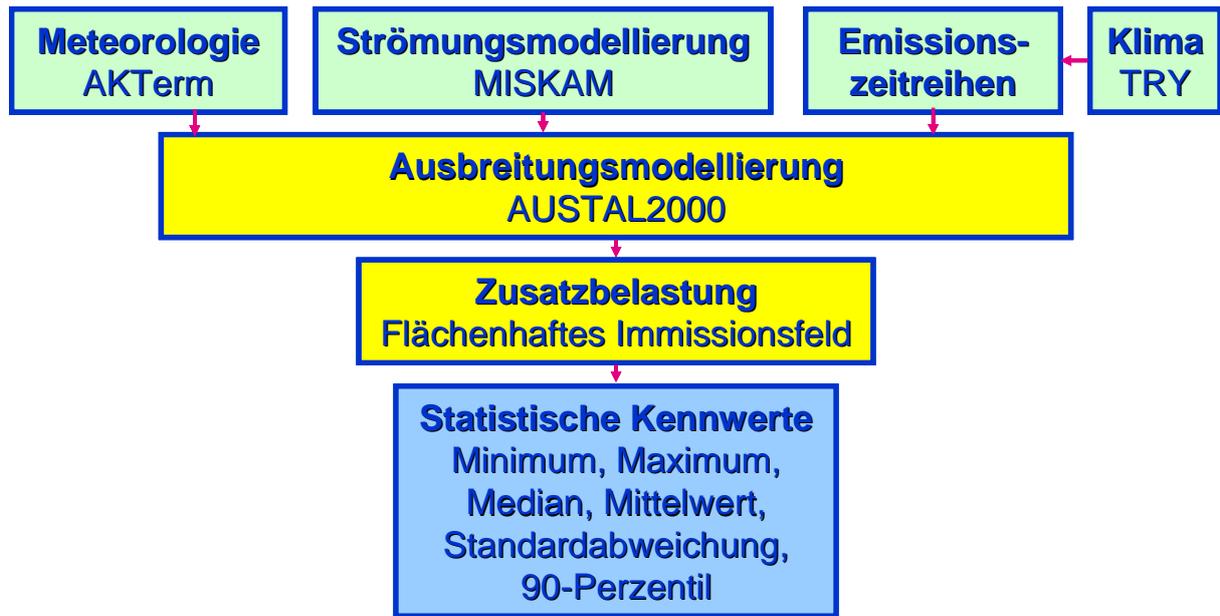


Abb. 3: Ablaufdiagramm der Ausbreitungsmodellierung. Erläuterungen im Text.

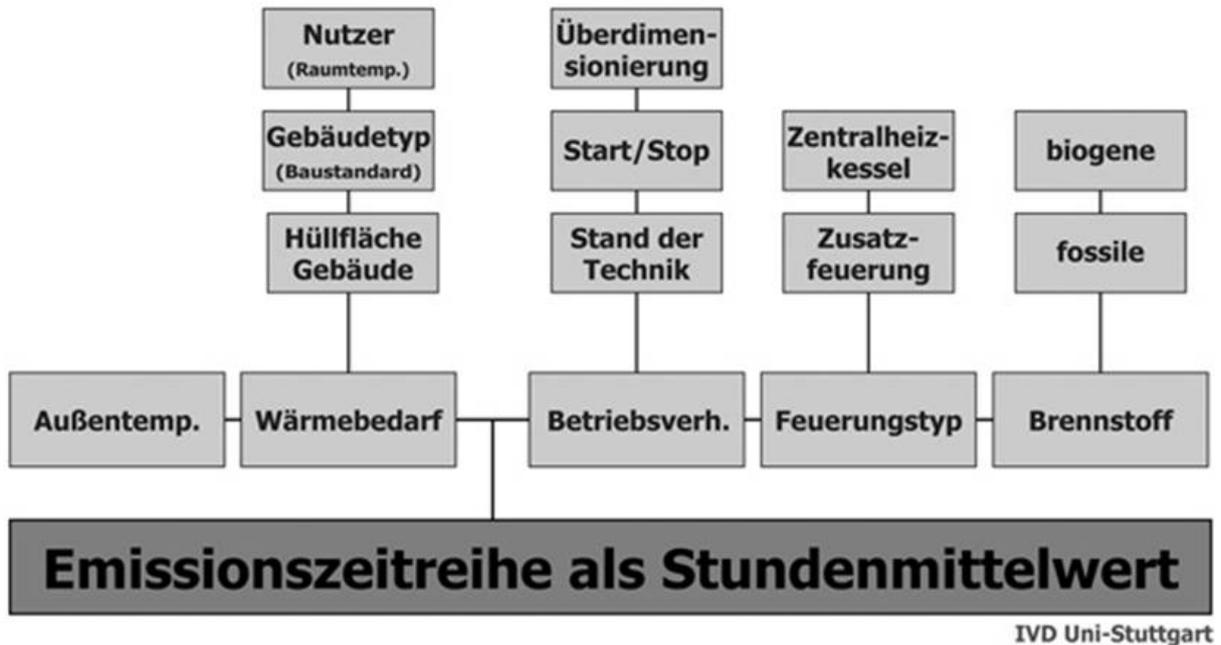


Abb. 4: Ablaufdiagramm des Emissionsmodells. Erläuterungen im Text.

3 Ergebnisse von Sensitivitätsanalysen

Die Untersuchung der Zusatzbelastung durch Hausbrand in Wohngebieten erfordert einen mikroskaligen Modellansatz. Der hohe Bearbeitungs- und Rechenaufwand einer mikroskaligen Modellierung erlaubt jedoch keine flächendeckende Betrachtung des gesamten Bundesgebietes, sondern nur die Untersuchung ausgewählter Beispiele. Bei einem solchen Vorgehen muss mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen geklärt werden, ob und wie sich die am Beispiel ermittelten Ergebnisse auf andere Fälle übertragen lassen. Die berechneten Belastungen hängen empfindlich von folgenden Einflussgrößen ab.

- **Wärmebedarf:** Der erhöhte Wärmebedarf in einem Jahr mit besonders kaltem Winter führt im Vergleich mit einem durchschnittlichen Jahr zu einer Zunahme der Luftbelastung um 5 – 10 %. Stärker noch unterscheidet sich der Wärmebedarf zwischen verschiedenen Klimaregionen. So wurden beispielsweise unter ansonsten gleichen Bedingungen für die Außentemperaturen des Hochschwarzwalds bis zu 60 % höhere Belastungen berechnet als für den Oberrheingraben.
- **Ausbreitungsklimatologie:** Stärker noch als die Außentemperaturen beeinflussen die Windverhältnisse und die Stabilität der atmosphärischen Schichtung die Zusatzbelastung. Im Jahresdurchschnitt wurden für eine austauscharme süddeutsche Tallage um den Faktor 2,5 - 2,9 höhere Zusatzbelastungen berechnet als für die norddeutsche Tiefebene.
- **Schornsteinhöhe:** Durch eine Erhöhung der Schornsteine um 3 m nahmen die berechneten Zusatzbelastungen im städtischen Gebiet um etwa 25 %, in einzelnen Bereichen des ländlichen Gebiet sogar bis zu 50 % ab.
- **Bebauung:** Bei den normalen Rechenläufen wird Umströmung der Gebäude durch das Windfeld explizit modelliert. In einigen Sensitivitätsrechnungen wurde stattdessen eine hindernisfreie Strömung angenommen, wobei der Einfluss der Gebäude auf die Strömung lediglich als Rauigkeit parametrisiert wurde. Die explizite Berücksichtigung der Bebauung führte vor allem im städtischen Modellgebiet zu höheren Zusatzbelastungen, wobei Unterschiede bis zu einem Faktor 2 beobachtet wurden.

4 Ergebnisse der Modellrechnungen

Die wichtigsten Ergebnisse der Modellrechnungen lassen sich in Diagrammen zusammenfassen, in denen die PM₁₀-Zusatzbelastung durch Holzfeuerungen als Funktion der mittleren Staubkonzentration im Abgas der Holzfeuerungen dargestellt wird.

Abbildung 5 zeigt diesen Zusammenhang für ein ländliches Wohngebiet in ebenem Gelände und ein durchschnittliches Klima in Süddeutschland – unter der Voraussetzung, dass 10 % der Raumwärme durch Holz bereitgestellt wird. Der grün hinterlegte Bereich zeigt die mittlere Zusatzbelastung im Wohngebiet, der rote Bereich die maximale Zusatzbelastung an besonders stark belasteten Orten des Wohngebiets. Wenn die Emissionen dem derzeit gültigen Grenzwert entsprechen (rote Linie), wird das Gebiet zusätzlich zur Hintergrundbelastung im Mittel mit 1,6 - 2,0 µg/m³ PM₁₀ belastet, an stark belasteten Orten aber mit 2,7 - 3,3 µg/m³. Die unteren Grenzen der Bandbreiten (1,6 µg/m³ und 2,7 µg/m³) resultieren dabei aus dem gleichmäßigen Abbrandverhalten von Pelletfeuerungen, während Stückholzfeuerungen bei instationären Betriebszuständen – beispielsweise beim Anfeuern – höhere Emissionen verursachen, die zu Zusatzbelastungen an den oberen Grenzen der Bandbreiten (bis zu 2,0 µg/m³ bzw. 3,3 µg/m³) führen.

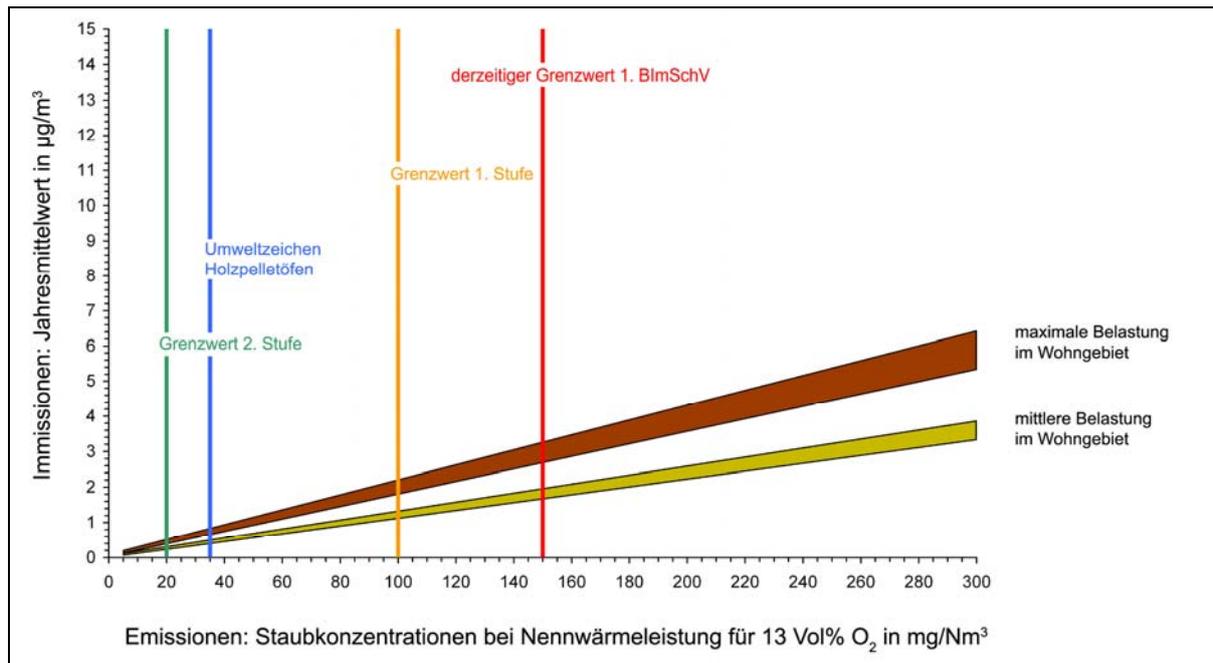


Abb. 5: Mittlere PM₁₀-Konzentration im Abgas von Holzheizungen und resultierende PM₁₀-Zusatzbelastung in einem ländlichen Wohngebiet in mittlerem süddeutschem Klima. Annahme: 10 % der Raumwärme wird durch Holzheizungen bereitgestellt.

Weiteren Einfluss auf die Zusatzbelastung haben die Siedlungsdichte, die Außentemperatur und die Windverhältnisse. Ungünstig für die Luftqualität sind eine hohe (d. h. innerstädtische) Siedlungsdichte, ein kaltes Klima, das einen hohen Heizenergieeinsatz erfordert, und geringe Windgeschwindigkeiten. Abbildung 6 zeigt die Verhältnisse unter ungünstigen Randbedingungen: kalte, windarme Lage in Deutschland und hoher Anteil (27 %) von Holzbrennstoffen. Im städtischen Modellgebiet wird bei den gleichen ungünstigen meteorologischen Bedingungen dieses Belastungsniveau bereits erreicht, wenn 10 % der Wärme durch Holzbrennstoffe erzeugt wird.

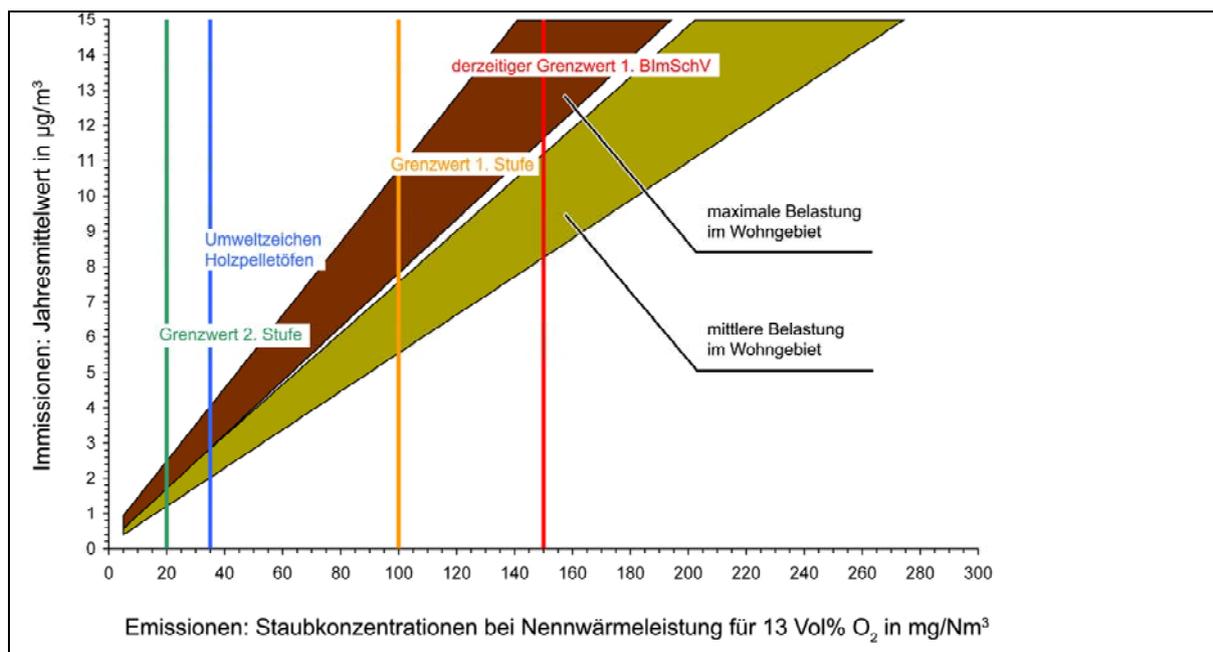


Abb. 6: Mittlere PM₁₀-Konzentration im Abgas von Holzheizungen und resultierende PM₁₀-Zusatzbelastung in einem ländlichen Wohngebiet in kalter, windarmer Lage. Annahme: 27 % der Raumwärme wird durch Holzheizungen bereitgestellt.

In den Tälern der Mittelgebirge kommt noch ein Problem hinzu, das in den hier vorgestellten allgemeinen Modellrechnungen nicht berücksichtigt werden kann, weil es vom Einzelfall abhängt: Dort können an Hanglagen die Emissionen aus tiefer gelegenen Gebäuden wesentlich höhere Feinstaubbelastungen hervorrufen, als sie im Modell für ebenes Gelände berechnet werden.

Die bisher vorgestellten Ergebnisse betreffen den Jahresmittelwert der PM_{10} -Zusatzbelastung. Die von Holzheizungen verursachte Zusatzbelastung ist jedoch nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt, sondern konzentriert sich auf die Heizperiode. Dies erhöht die Gefahr, dass der Grenzwert für den PM_{10} -Tagesmittelwert überschritten wird, zumal die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des Tagesgrenzwerts im Winter ohnehin größer ist als im Sommer (Abb. 7).

Unter der Annahme, dass die Zusatzbelastung durch den Hausbrand nur im Winterhalbjahr erfolgt, wurde die Statistik aus Abbildung 7 verwendet, um den Einfluss einer Maßnahme auf die Zahl der Überschreitungen des Tagesgrenzwerts zu untersuchen, die im Entwurf zur Novelle der 1. BImSchV vorgesehen ist: der Altanlagenregelung, also des schrittweisen Austauschs (bzw. der Nachrüstung) von Altanlagen, so dass die neuen Emissionsgrenzwerte eingehalten werden (Abb. 8). Der Rechnung wurden die in Abbildung 1 verwendeten mittleren Emissionsfaktoren für den Anlagenbestand mit und ohne Altanlagenregelung (dort orangefarbene und grüne Kurve) zugrunde gelegt. Wie in Abbildung 1 wurde angenommen, dass der Anteil der Holzbrennstoffe bis zum Jahr 2015 auf 12 % und bis zum Jahr 2025 auf 15 % ansteigt. Für diese beiden Anteile wurde im städtischen und im ländlichen Modellgebiet jeweils ein Szenario ausgewertet; die Ergebnisse dieser insgesamt vier Szenarien sind in Abhängigkeit von der PM_{10} -Vorbelastung als vier Kurven in Abbildung 8 wiedergegeben.

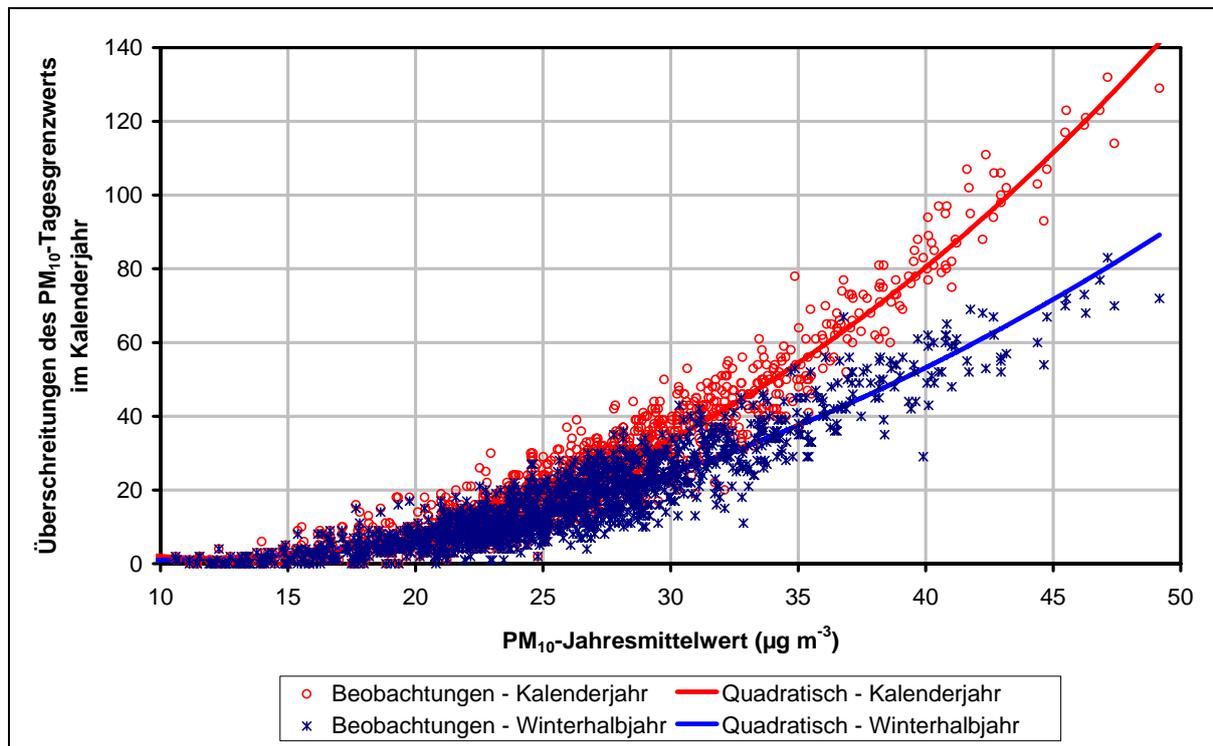


Abb. 7: Zusammenhang zwischen PM_{10} -Jahresmittelwert und Zahl der Überschreitungen des PM_{10} -Tagesgrenzwerts an den Messstationen der Länder und des Umweltbundesamts in den Jahren 2001-2005. Mehr als die Hälfte (ca. 70 %) der jährlichen Überschreitungen (rote Symbole und rote Ausgleichskurve) ereignen sich im Winterhalbjahr (blaue Symbole und blaue Ausgleichskurve).

Die roten Kurven in Abbildung 8 bezeichnen Szenarien, in denen der Anteil der Holzbrennstoffe an der Wärmebereitstellung der Haushalte im städtischen Gebiet die oben genannten Prozentzahlen erreicht (2015: 12 %, 2025: 15 %), die grünen Kurven Szenarien, in denen dies für das ländliche Modellgebiet zutrifft. Die roten Kurven können jeweils auch zur Beschreibung der Situation in einem ländlichen Gebiet herangezogen werden (und umgekehrt), wenn ein entsprechend höherer (2015: 33 %, 2025: 41 %) Anteil der Holzbrennstoffe (bzw. umgekehrt ein geringerer Anteil) vorausgesetzt wird. Durchgezogene Kurven bezeichnen jeweils die Szenarien für das Jahr 2025, gestrichelte Kurven die Szenarien für das Jahr 2015. In dieser Bandbreite von Szenarien kann die Einführung der Altanlagenregelung die Zahl der Überschreitungen des PM_{10} -Tagesgrenzwerts um etwa 2 - 20 verringern, je nach PM_{10} -Vorbelastung. Diese Rechnungen gelten für mittlere Temperatur- und Windverhältnisse in Süddeutschland. Für kältere Temperaturregionen und bei geringeren Windgeschwindigkeiten sind höhere Belastungen durch den Hausbrand und damit auch eine größere Wirksamkeit der Altanlagenregelung zu erwarten, umgekehrt ist der mittlere Einfluss der Altanlagenregelung in warmen Regionen und in Regionen mit hohen Windgeschwindigkeiten kleiner.

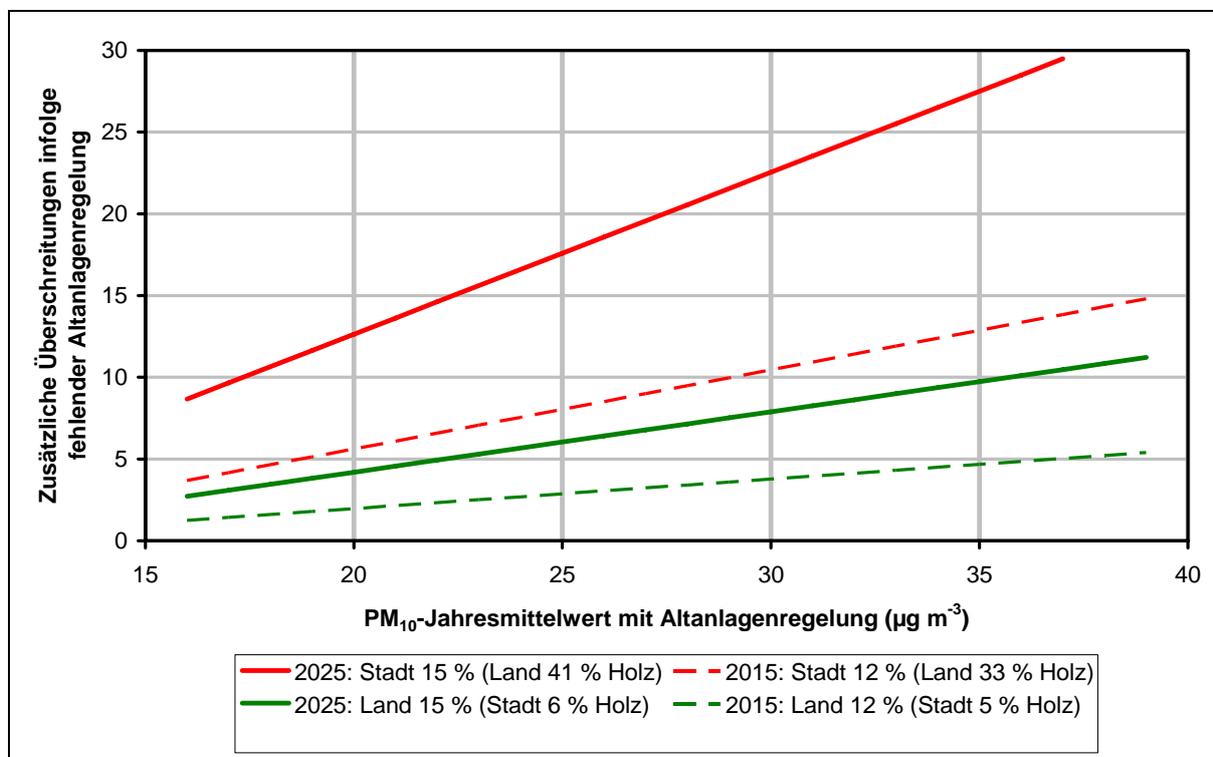


Abb. 8: Einfluss von Maßnahmen im Sektor Hausbrand auf die Luftqualität am Beispiel der Altanlagenregelung, die für die Novelle der 1.BImSchV vorgesehen ist. Siehe die Erläuterungen im Text.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

In Wohngebieten, in denen ein signifikanter Anteil der Raumwärme durch Holzbrennstoffe erzeugt wird (ab ca. 10 % im ländlichen und ca. 4 % im städtischen Gebiet), ist nach den vorliegenden Ergebnissen im Jahresmittel mit PM_{10} -Zusatzbelastungen von einigen Mikrogramm pro Kubikmeter zu rechnen. Dies spannt den Rahmen für die Wirksamkeit möglicher Maßnahmen im Sektor Hausbrand, die – unter den genannten Voraussetzungen – in einer ähnlichen Größenordnung liegt wie die Wirksamkeit von Maßnahmen im Verkehrssektor. Allerdings werden sich lokale Maßnahmen zur Minderung der Emissionen des Hausbrands und lokale Maßnahmen zur Minderungen der Verkehrsemissionen im

Allgemeinen nicht additiv auswirken, da sie meist unterschiedliche Gebiete betreffen. Insbesondere können Maßnahmen im Sektor Hausbrand keine Maßnahmen im Verkehrsbereich ersetzen.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen scheinen nach einem qualitativen Vergleich mit Messungen des AEROWOOD-Projekts in der richtigen Größenordnung zu liegen; eine direkte Validierung steht allerdings noch aus. Zwar wurden im Winter 2006/2007 Messungen zur Überprüfung der Ergebnisse durchgeführt, diese reichen jedoch wegen der ungewöhnlich warmen Witterung des letzten Winters für eine Validierung nicht aus. Daher wird angestrebt, im kommenden Winter eine weitere Messkampagne durchzuführen.

Danksagung

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im UFOPLAN-Projekt FKZ 205 43 263 erarbeitet von Prof. Dr.-Ing Günter Baumbach, Dr.-Ing. Michael Struschka und M. Sc. Winfried Juschka (IVD, Universität Stuttgart), sowie von Dr.-Ing. Wolfgang Bächlin und Dipl.-Geoökol. Christine Sörgel (Ingenieurbüro Lohmeyer). Der Deutsche Wetterdienst stellte die Testreferenzjahre von Deutschland und die Ausbreitungsklassen-Zeitreihen von Hannover, Stuttgart und Garmisch-Partenkirchen bereit. Die Stadtverwaltung von Reutlingen und das Bürgermeisteramt Linkenheim-Hochstetten stellten digitale Orthofotos, Katasterkarten und -daten zur Verfügung.

Literatur

- [1] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV) vom 15. Juli 1988. In der Fassung der Bekanntmachung vom 14.03.1997, BGBl. I S. 490, zuletzt geändert am 14.08.2003, BGBl. I S. 1614
- [2] Prévôt, A., Szidat, S., Sandradewi, J., Alfara, R., Furger, M., Weimer, S., Weingartner, E. und Baltensperger, U.: AEROWOOD (Aerosols from wood burning versus other sources) Zwischenbericht. Paul Scherrer Institut Villigen und Universität Bern. März 2006
- [3] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung: Luftreinhalte- und Aktionsplan für Berlin 2005 –2010, Anhang. Berlin, August 2005
- [4] Baumbach, G.: Belastungen und Minderungsmöglichkeiten bei Feststoffheizungen (u. a. Pellets). KRdL-Expertenforum „Feinstaub und Stickstoffdioxid“. Bonn, 6. November 2006
- [5] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002, GMBL. 2002, Heft 25–29, S. 511–605
- [6] Christoffer, J., Deutschländer, T., Webs, M.: Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse TRY. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach am Main, 2004
- [7] Struschka, M.: Emissionsmodellierung. Vortrag auf dem 1. Begleitkreistreffen des UFOPLAN-Vorhabens FKZ 205 43 263 „Modellrechnungen zu den Immissionsbelastungen bei einer verstärkten Verfeuerung von Biomasse in Feuerungsanlagen der 1. BImSchV“. Berlin, 5. Mai 2006
- [8] Juschka, W.: Persönliche Mitteilung. Oktober 2006
- [9] Eichhorn, J. MISKAM.: Handbuch zu Version 4. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackernheim, 2003
- [10] AKTerm Hannover-Langenhagen, AKTerm Stuttgart-Echterdingen, AKTerm Garmisch-Partenkirchen. Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung, Zentrales Gutachterbüro. Offenbach, 2006
- [11] AUSTAL2000. Programmbeschreibung zu Version 2.2.11. Ingenieurbüro Janicke, Dunum, März 2006
- [12] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV). Vom 11.09.2002, BGBl. I S. 3626, geändert am 13.07.2004, BGBl. I S. 1612

Immissionsbelastungen durch Gebäudeheizungen, Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen für ein ländliches und ein städtisches Gebiet

Alfred Trukenmüller

Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

1

Überschreitungen des PM₁₀ Tagesgrenzwerts

Anteil deutscher Messstationen mit mehr als 35 Überschreitungen des 24 Stunden-Grenzwerts für PM₁₀



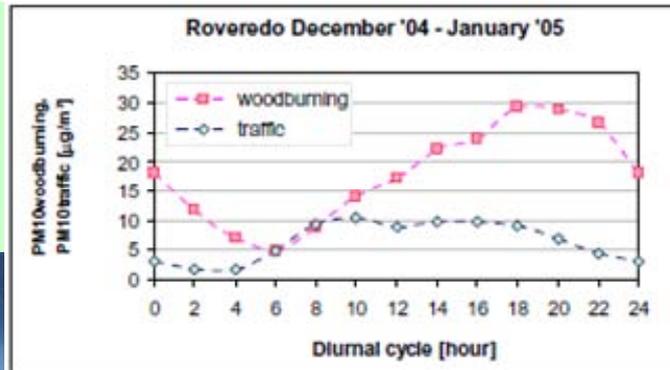
Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

2

Hausbrand: Beobachtungen und Messungen

AEROWOOD-Projekt, Schweiz
Messungen in Roveredo
an der San Bernardino-Route
¹⁴C-Analysen

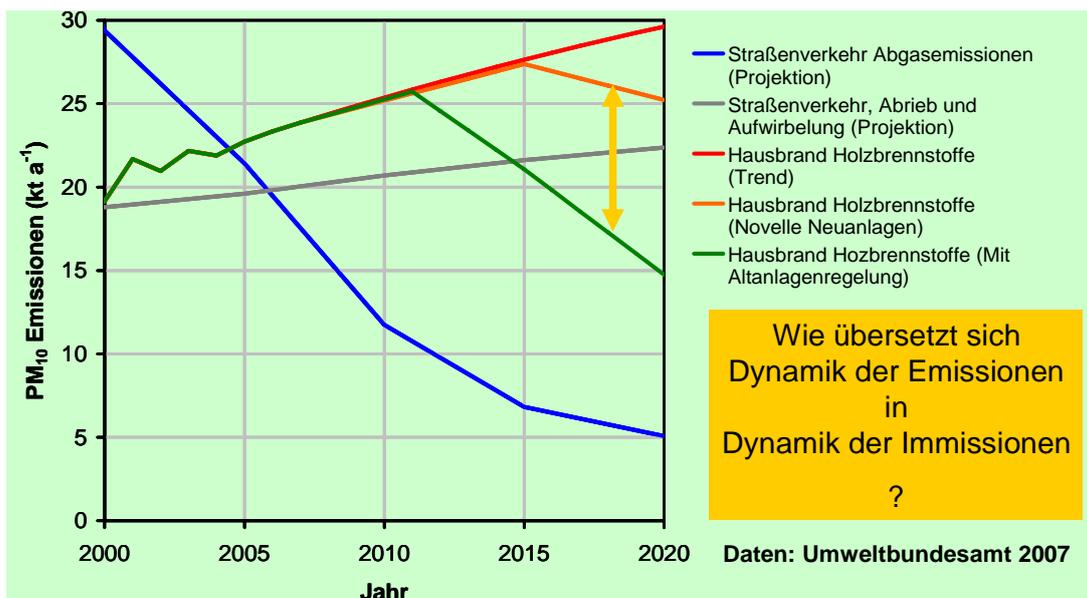


Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

3

Hausbrand: PM₁₀-Emissionen im Vergleich



Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

4

Methode: Exemplarische Modellrechnungen

Emissionen des Hausbrands in einem Wohngebiet (pro Haus und Stunde):

Prof. Günter Baumbach
Dr.-Ing. Michael Struschka
M. Sc. Winfried Juschka

Universität Stuttgart
Institut für Verfahrenstechnik und
Dampfkesselwesen
Prof. Dr. techn. G. Scheffknecht



Immissionen im Wohngebiet (repräsentativ für je 256 m²):

Dr.-Ing. Wolfgang Bächlin
Dipl.-Geoök. Christine Sörgel

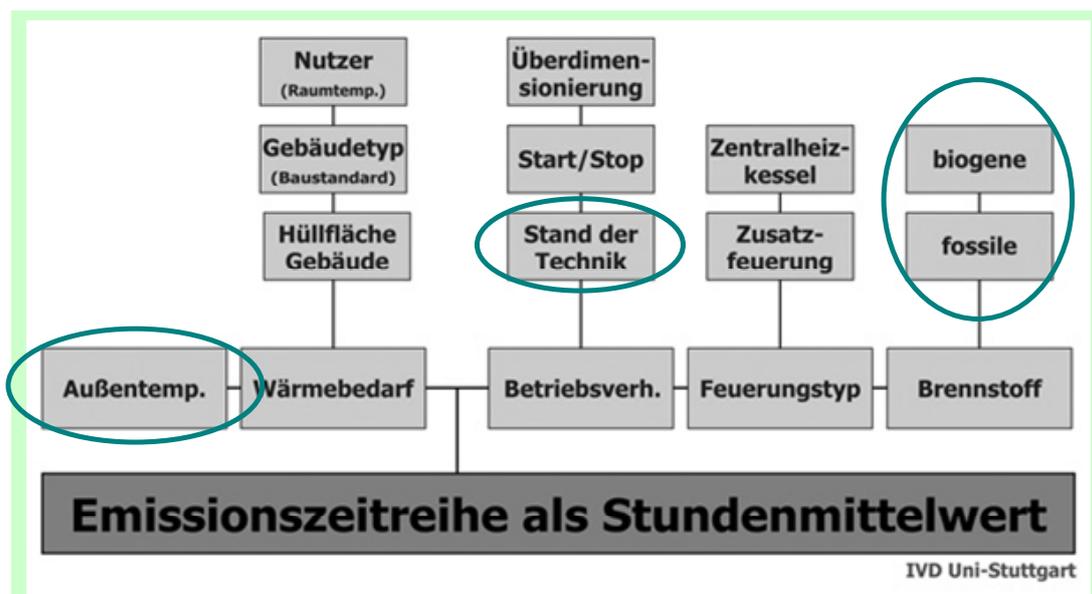
Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG
Karlsruhe und Dresden

Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

5

Ablaufdiagramm des Emissionsmodells

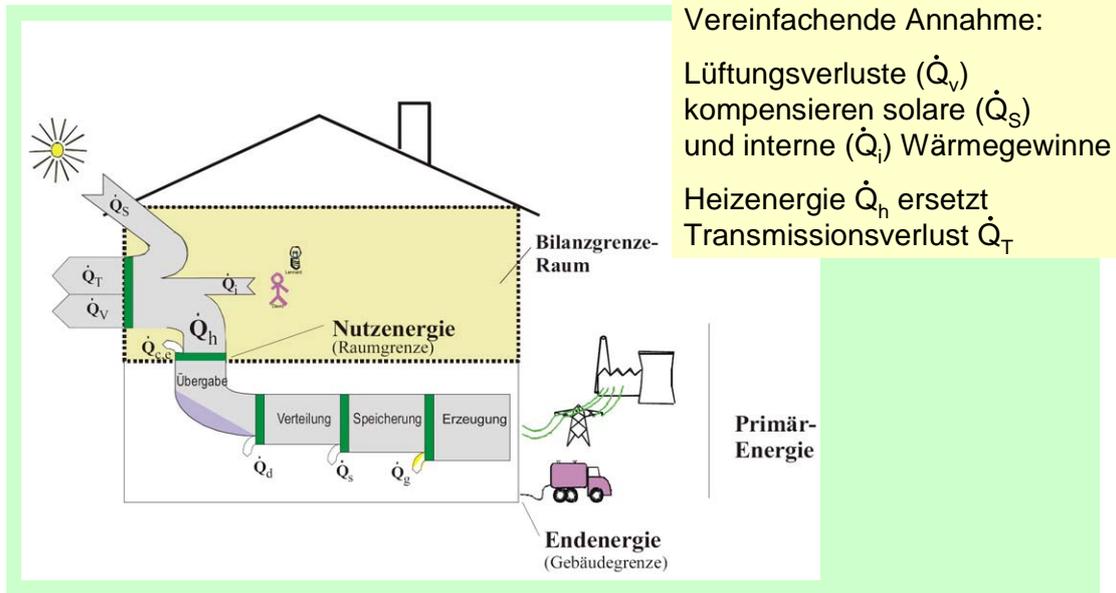


Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

6

Detail Emissionsmodell: tägliche Wärmebilanz für jedes Gebäude

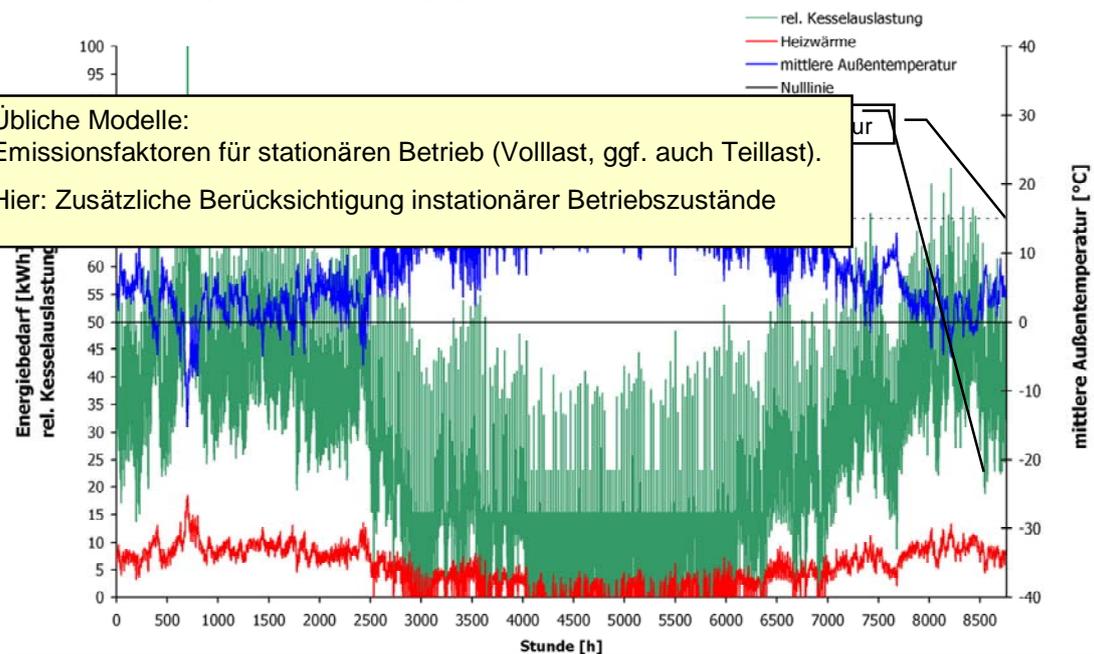


Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

7

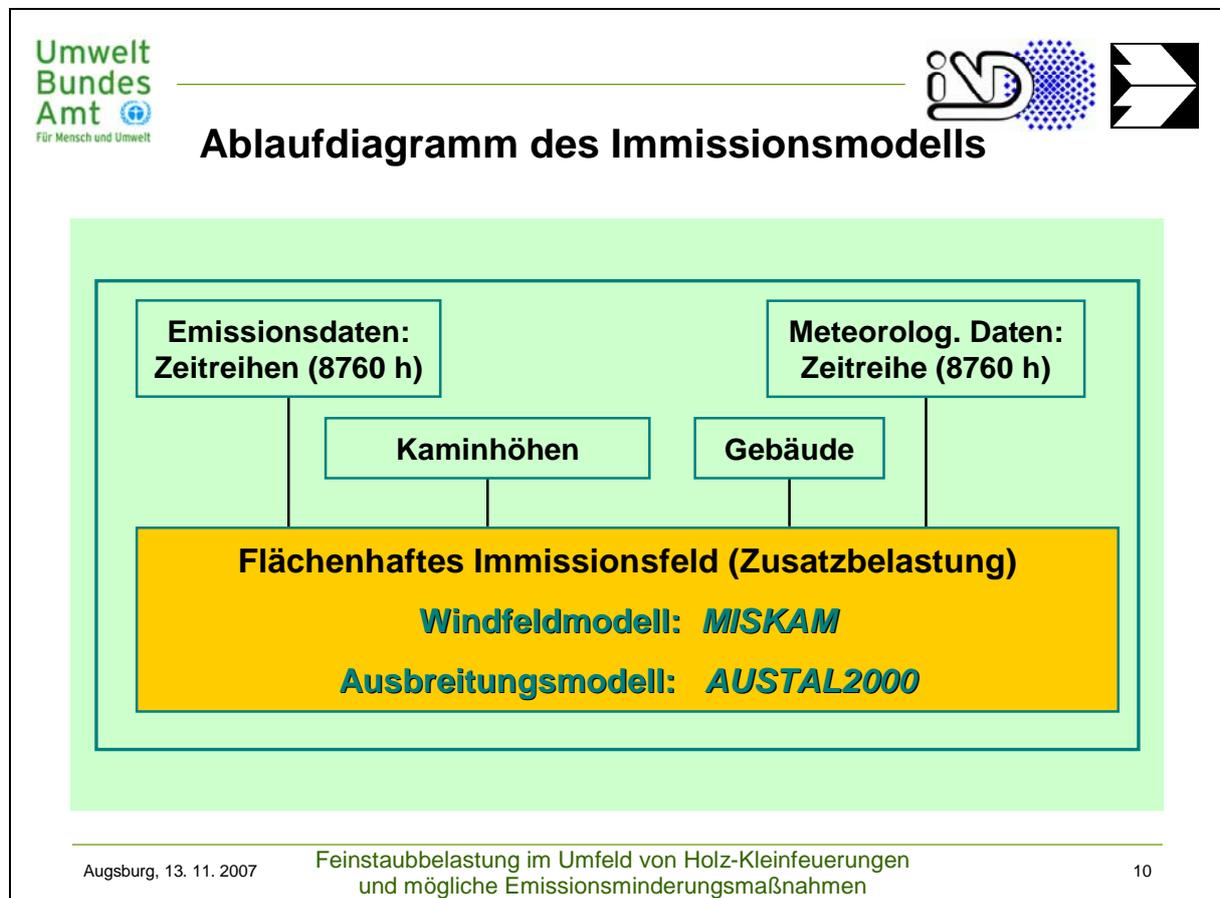
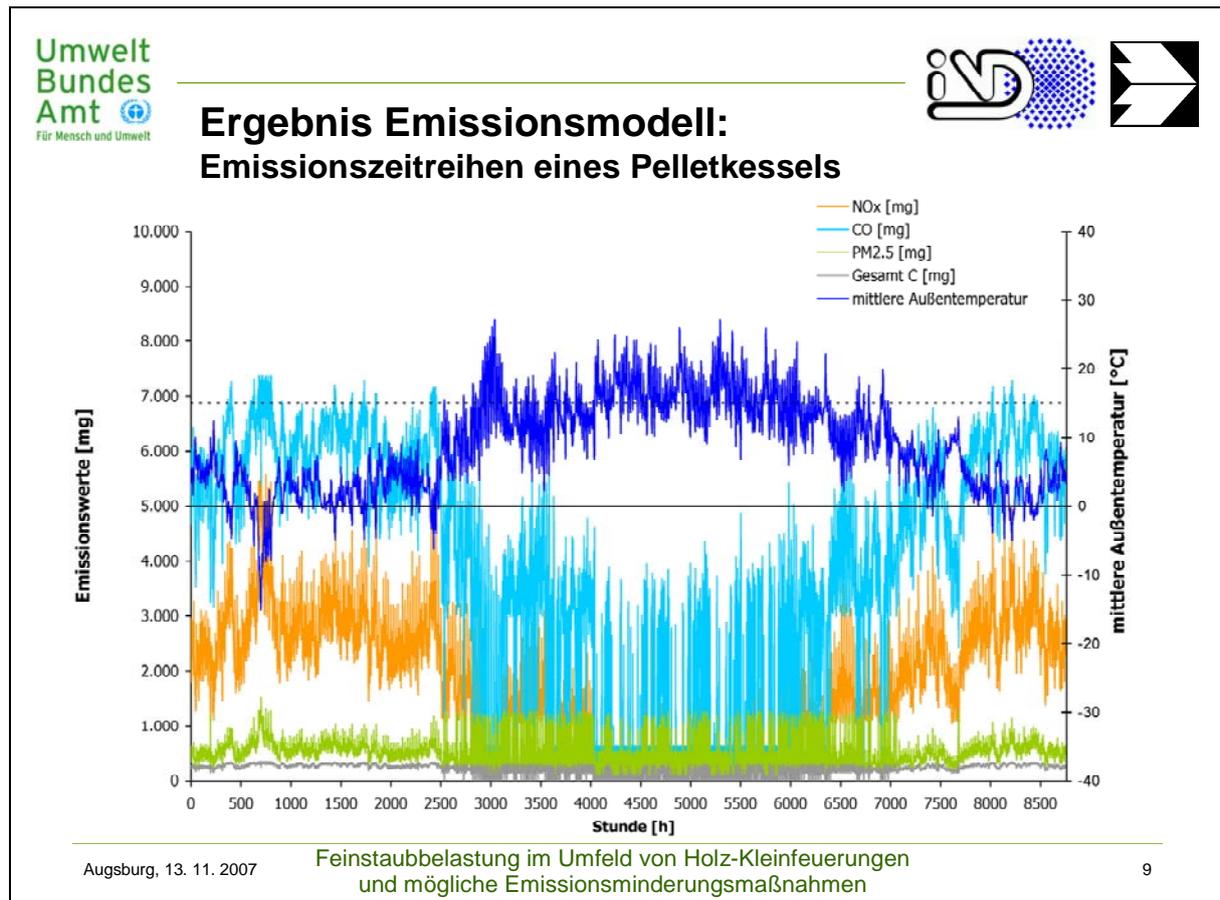
Detail Emissionsmodell: Temperaturabhängige Kesselauslastung



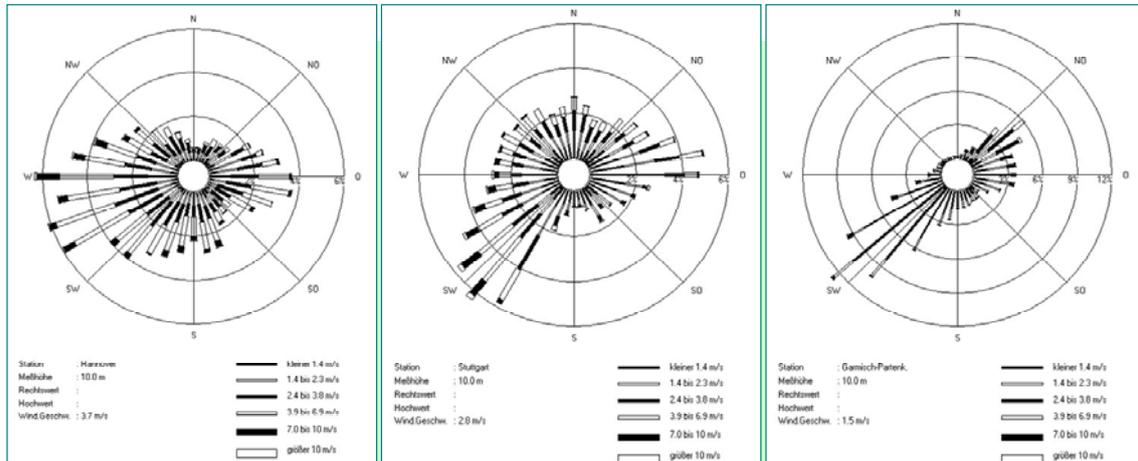
Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

8



Meteorologie: Windrosen



Hannover
 $v_a = 3.7 \text{ m s}^{-1}$

Stuttgart
 $v_a = 2.8 \text{ m s}^{-1}$

Garmisch-Partenkirchen
 $v_a = 1.5 \text{ m s}^{-1}$

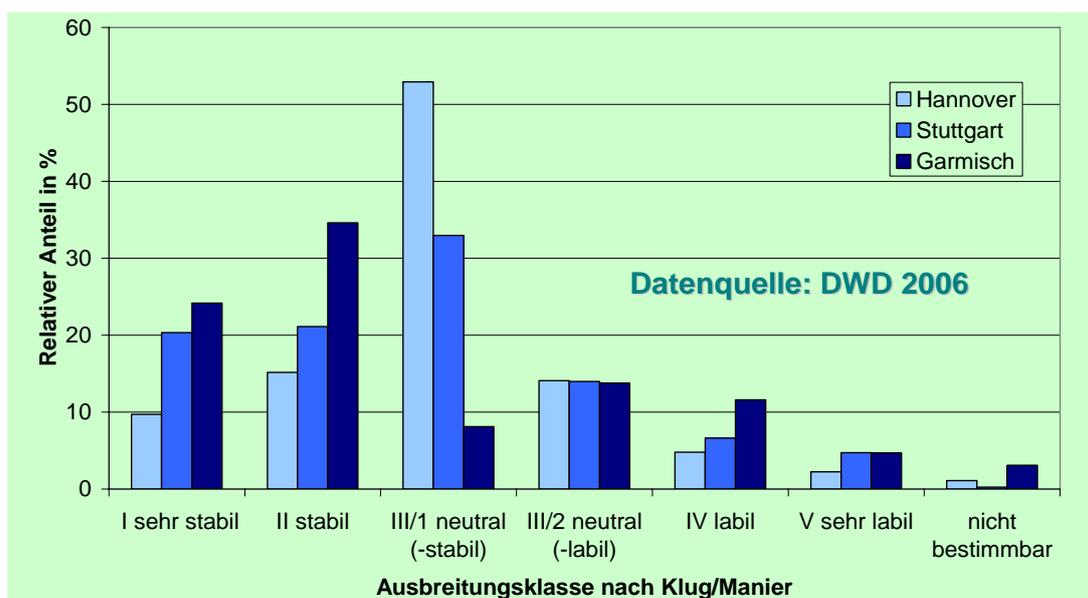
Daten: DWD 2006

Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

11

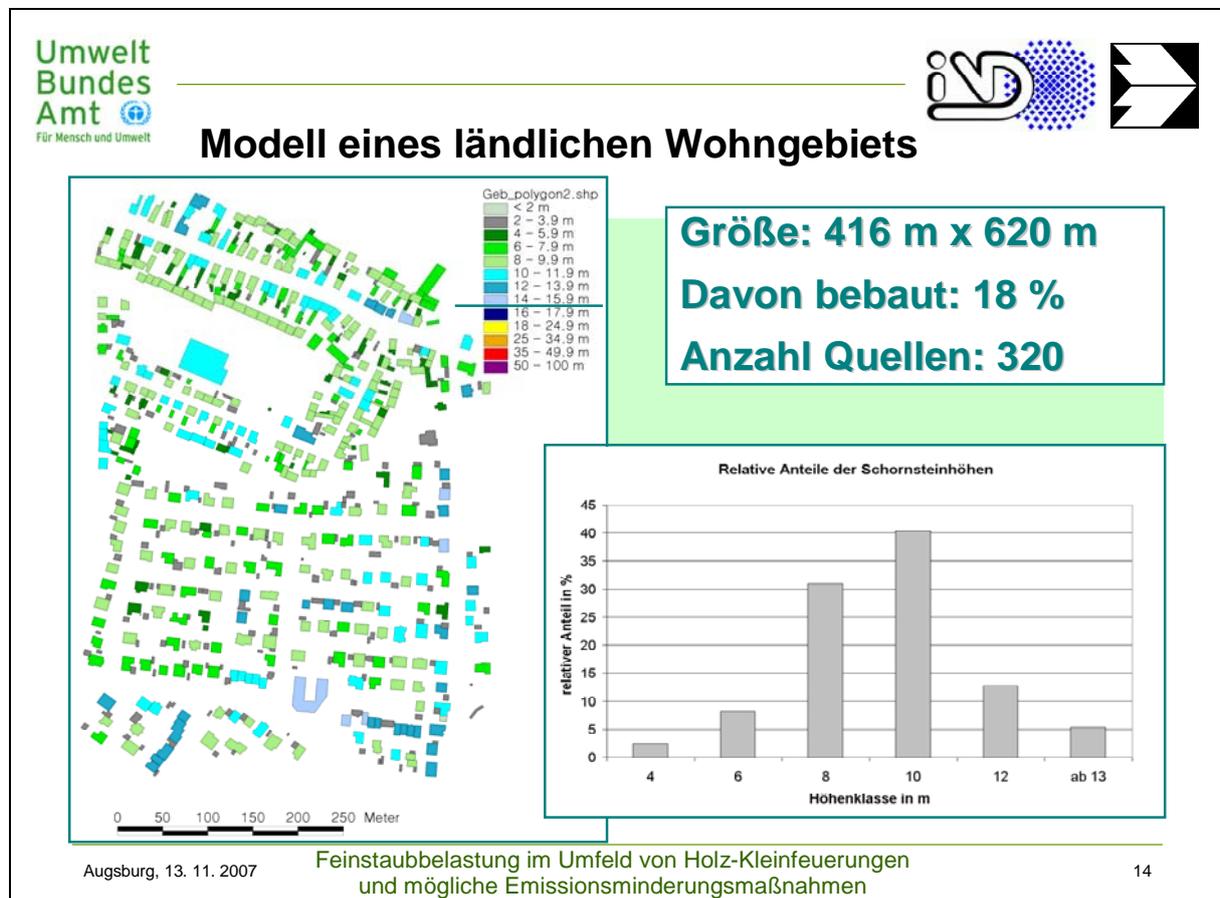
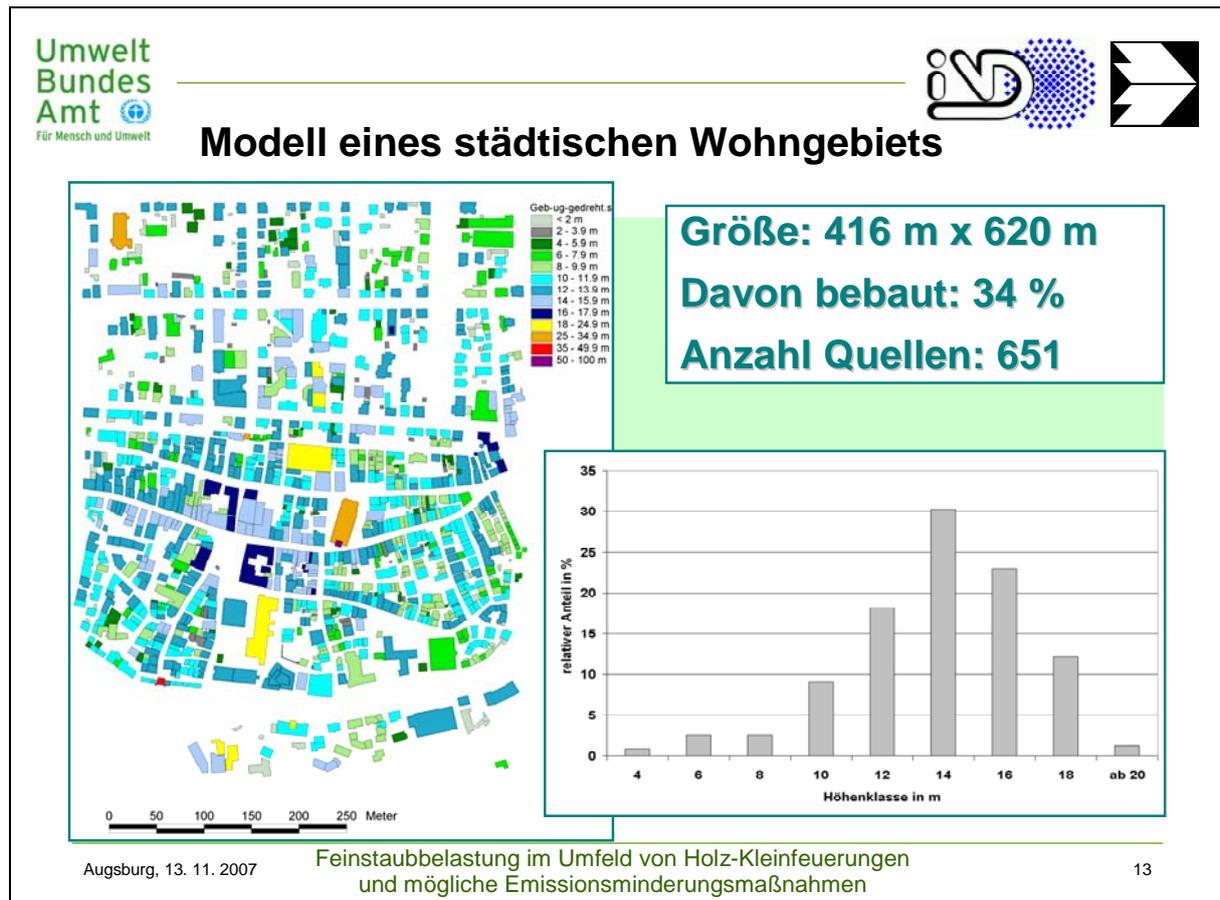
Meteorologie: Stabilitätsklassen

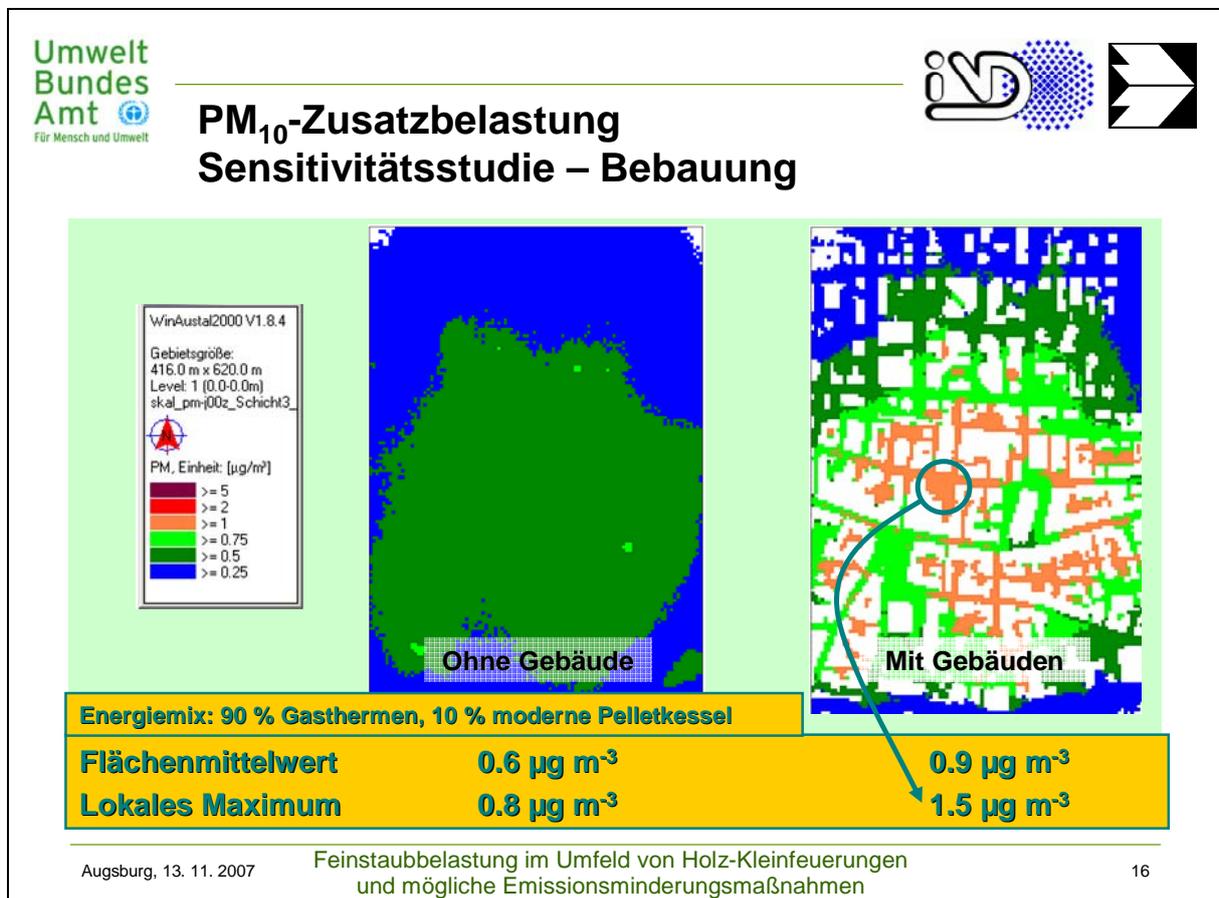
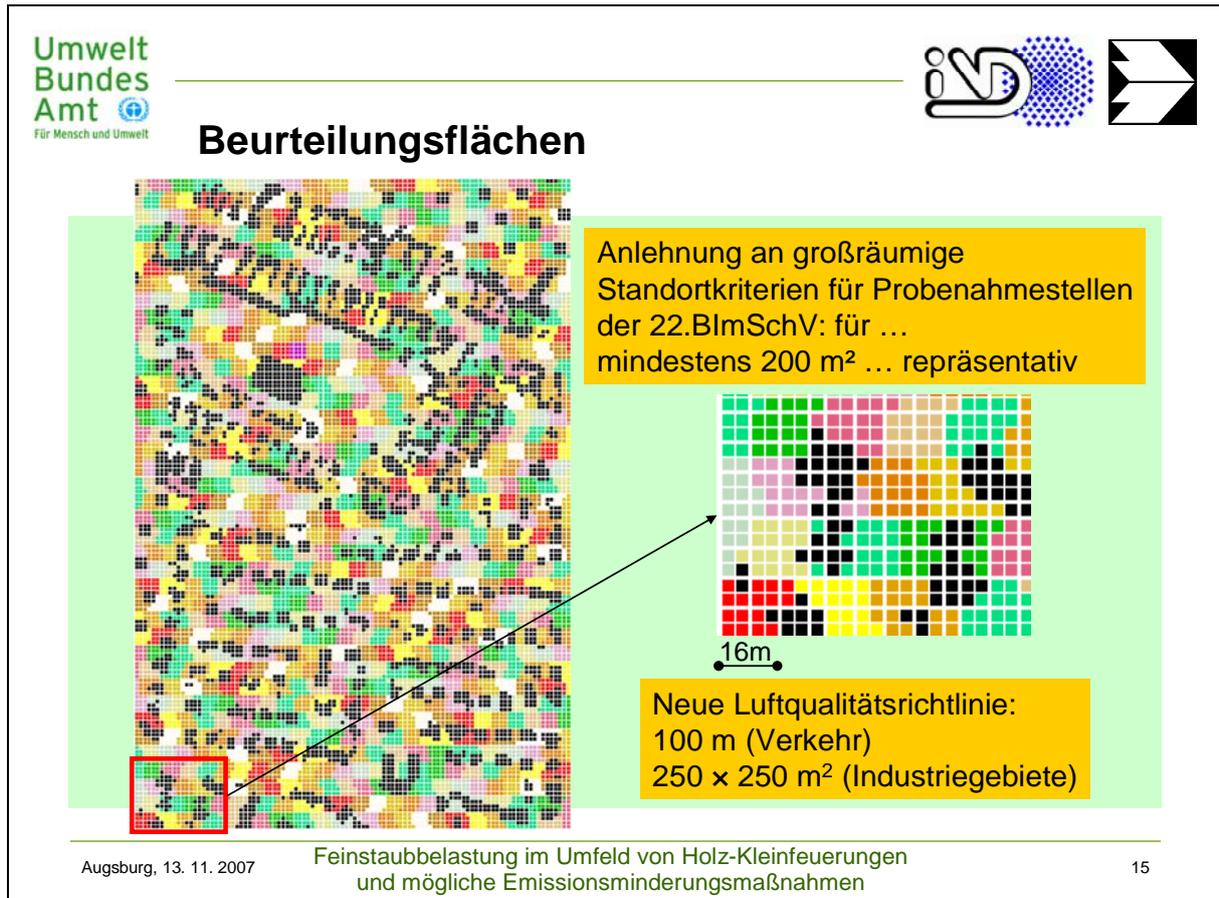


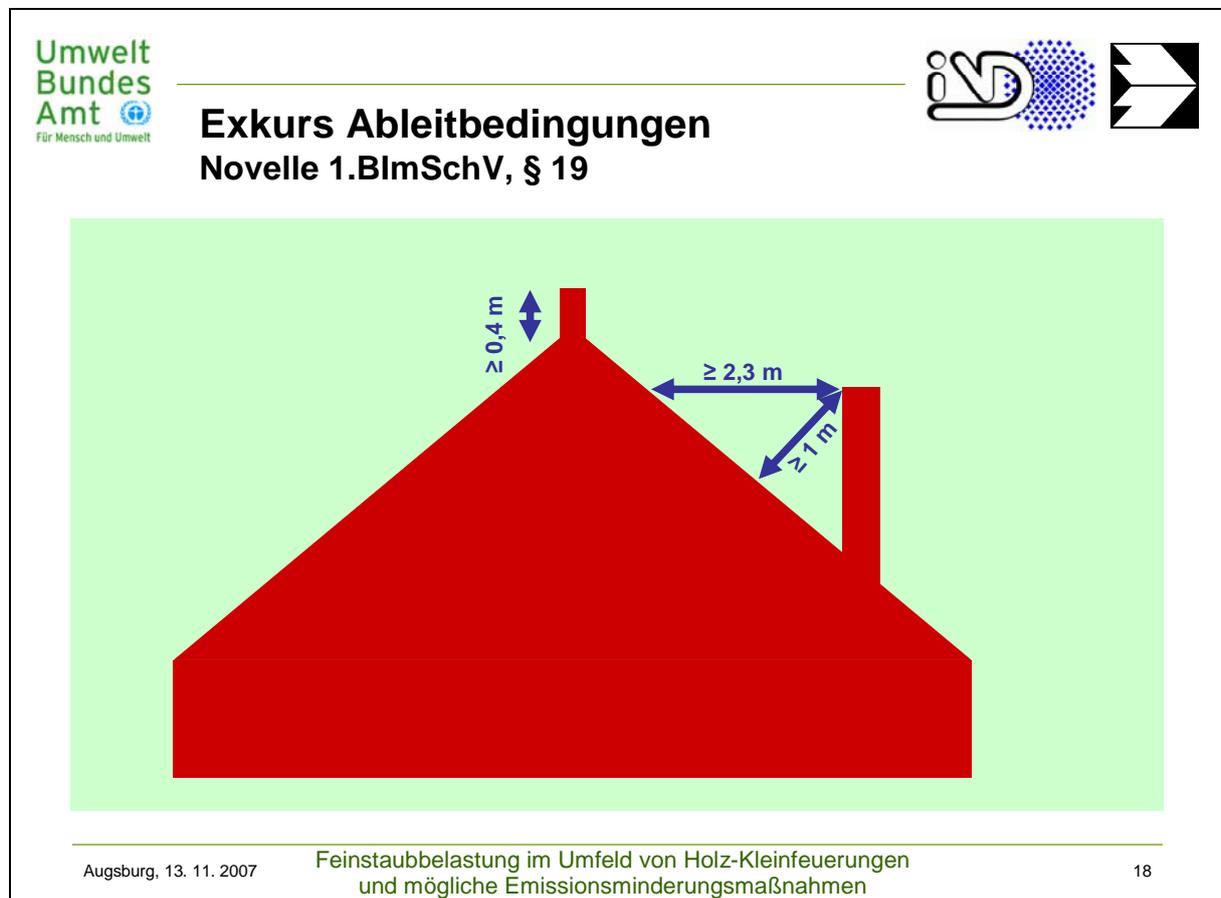
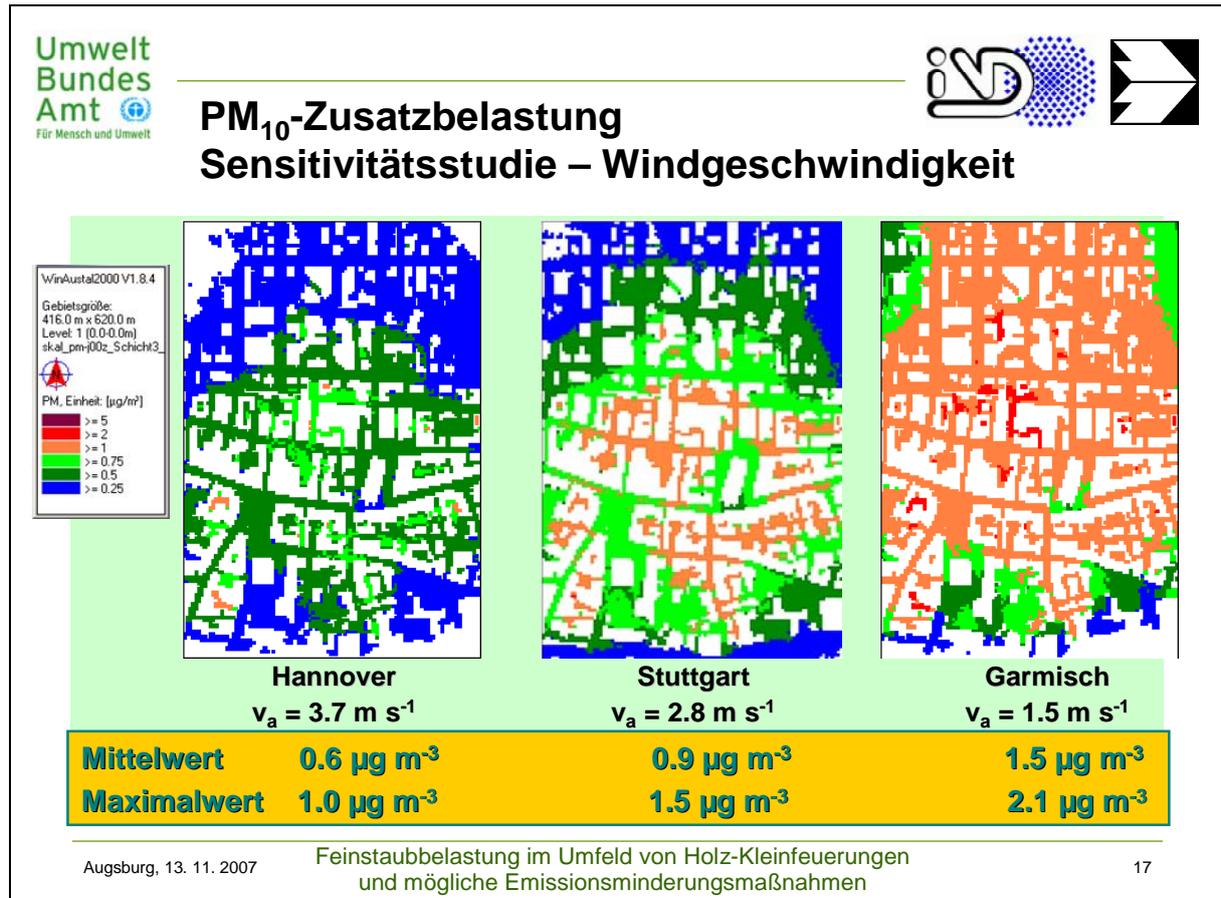
Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

12

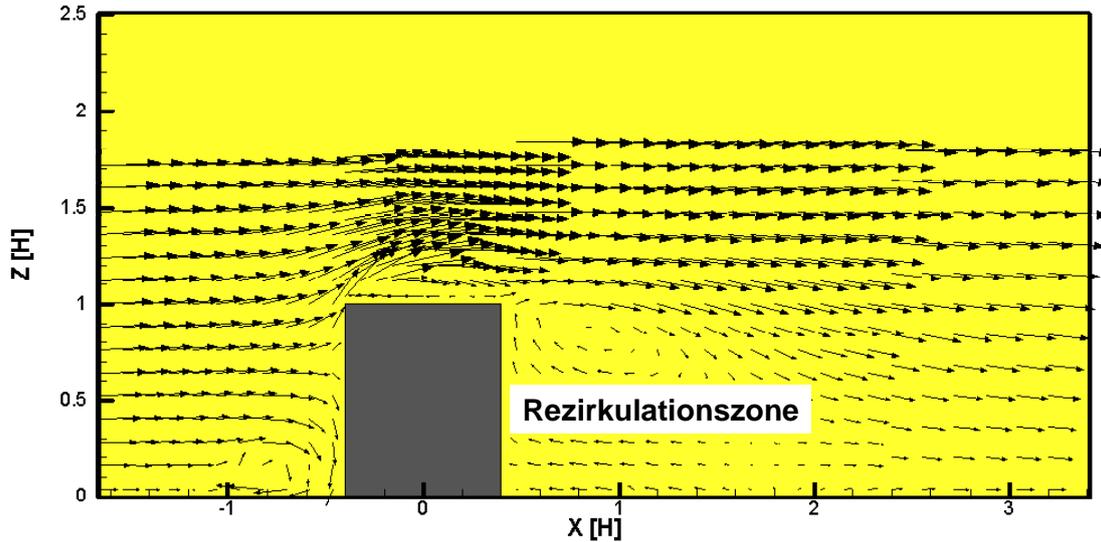






Exkurs Ableitbedingungen Windkanaluntersuchungen (CEDVAL-Datensatz, Uni HH)

CEDVAL A1-1

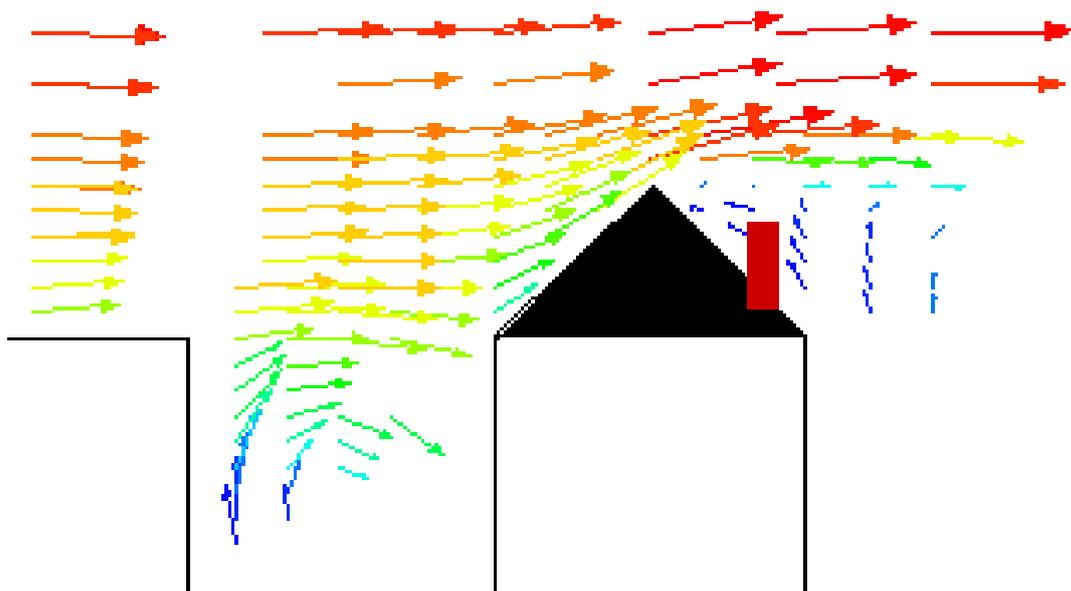


Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

19

Exkurs Ableitbedingungen Windkanaluntersuchungen (CEDVAL-Datensatz)



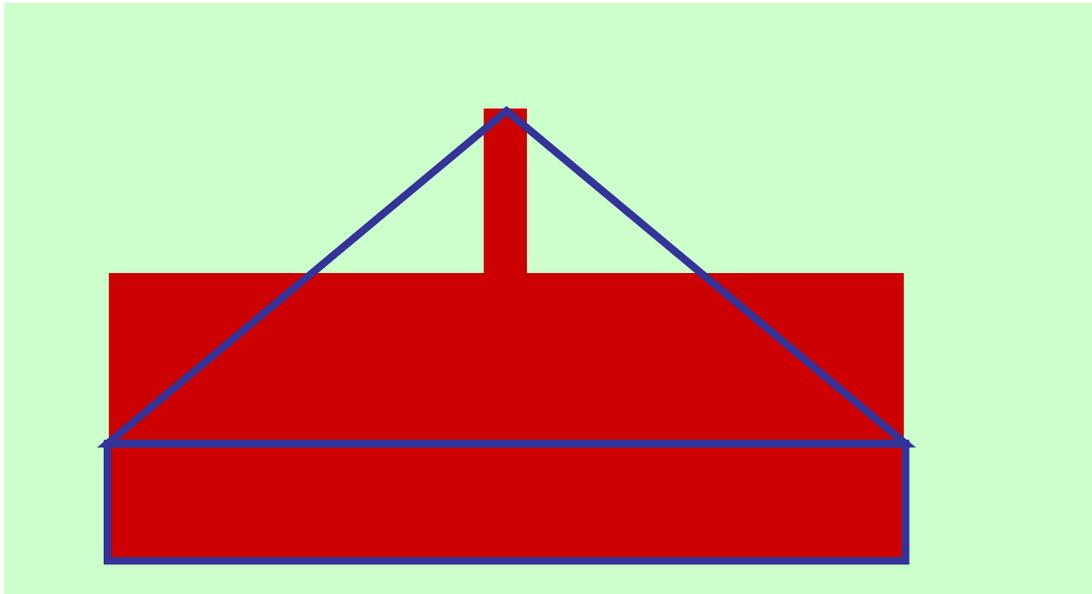
Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

20

Exkurs Ableitbedingungen

Direkte Simulation in diesem Modell nicht möglich



Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

21

PM₁₀-Zusatzbelastung

Sensitivitätsstudie – Einfluss der Kaminhöhe



Kaminhöhe	Auf First	First + 1 m	First + 3 m
Mittelwert	100%	92%	72%
Maximalwert	100%	84%	55%

Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

22

PM₁₀-Zusatzbelastung Wichtige Einflussgrößen



- **Energiebedarf für Holzbrennstoffe – Parameter:**
 - Klima (Gradtagszahl)
 - Gebäudeparameter (Hüllfläche, Wärmedurchgangskoeffizient)
 - Siedlungsdichte (Verhältnis Wohnfläche / Modellfläche)
 - Energiemix (Prozentualer Anteil Holzbrennstoffe)
- **Ausbreitungsbedingungen – Parameter:**
 - Klima (Windgeschwindigkeit)
 - Schornsteinhöhe
 - Siedlungsdichte (Störung des Windfelds, Verhältnis freie Fläche / Modellfläche kleiner bzw. Verdrängungsvolumen größer)
- **Anlagenstandard – Parameter:**
 - Effektiver Emissionsfaktor (Vollast / Teillast, stationär / instationär)

Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

23

PM₁₀-Zusatzbelastung Vergleich Stadt / Land

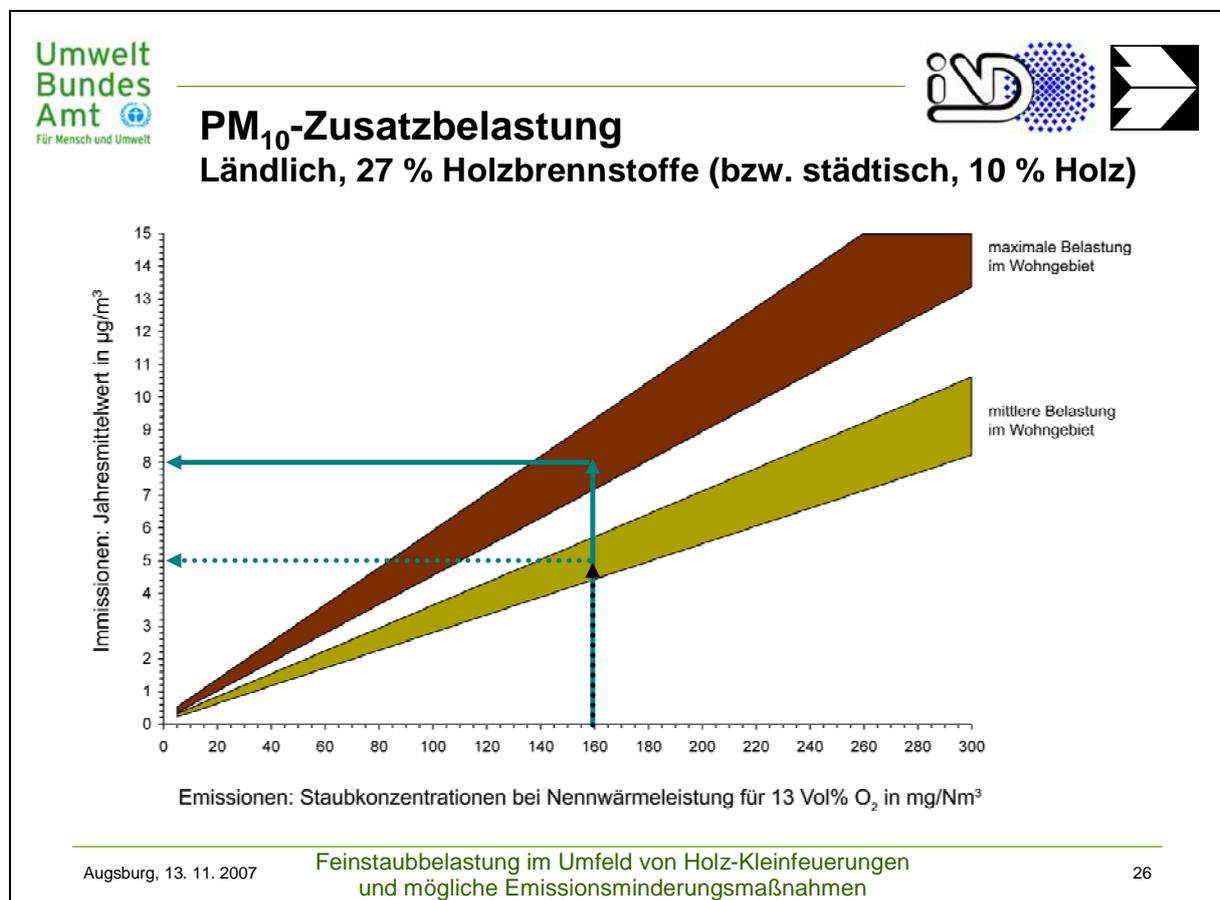
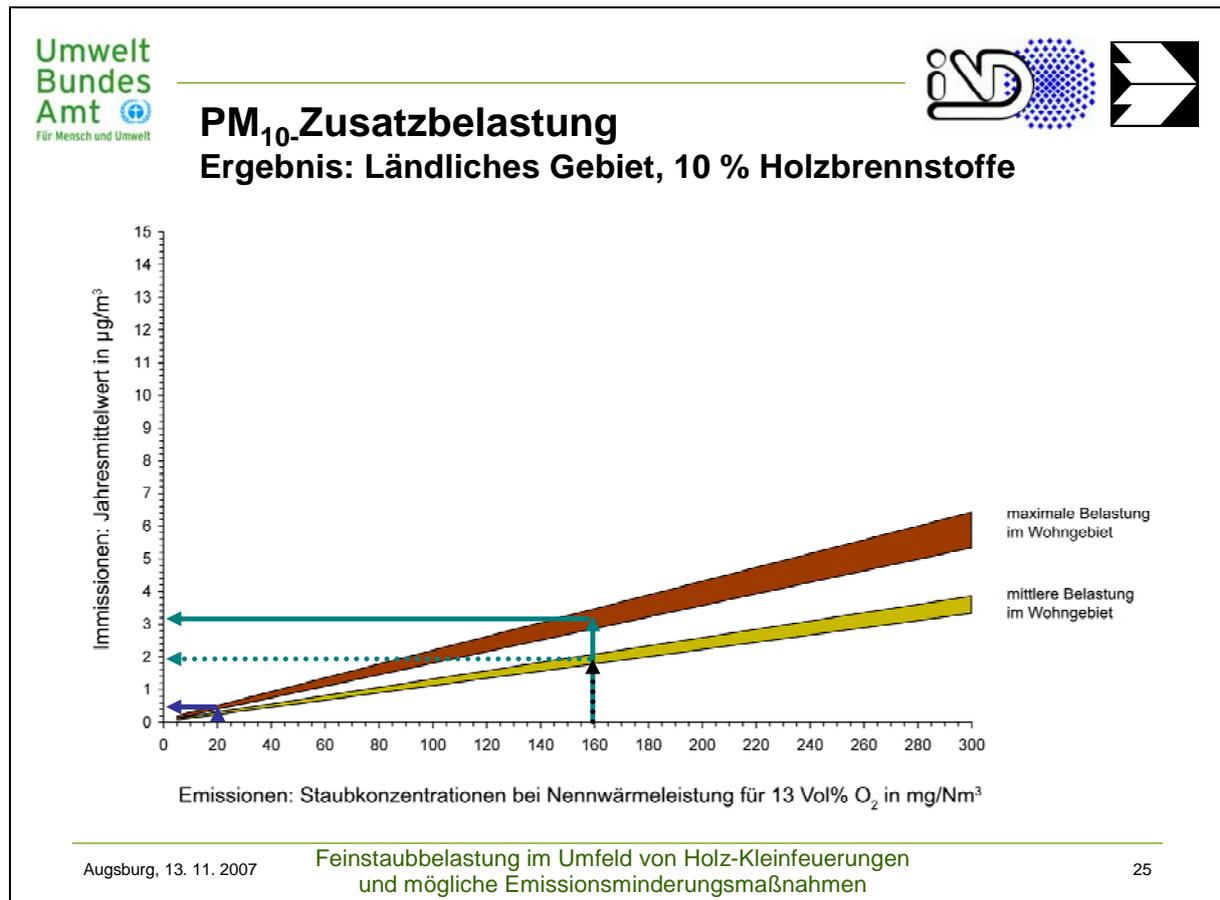


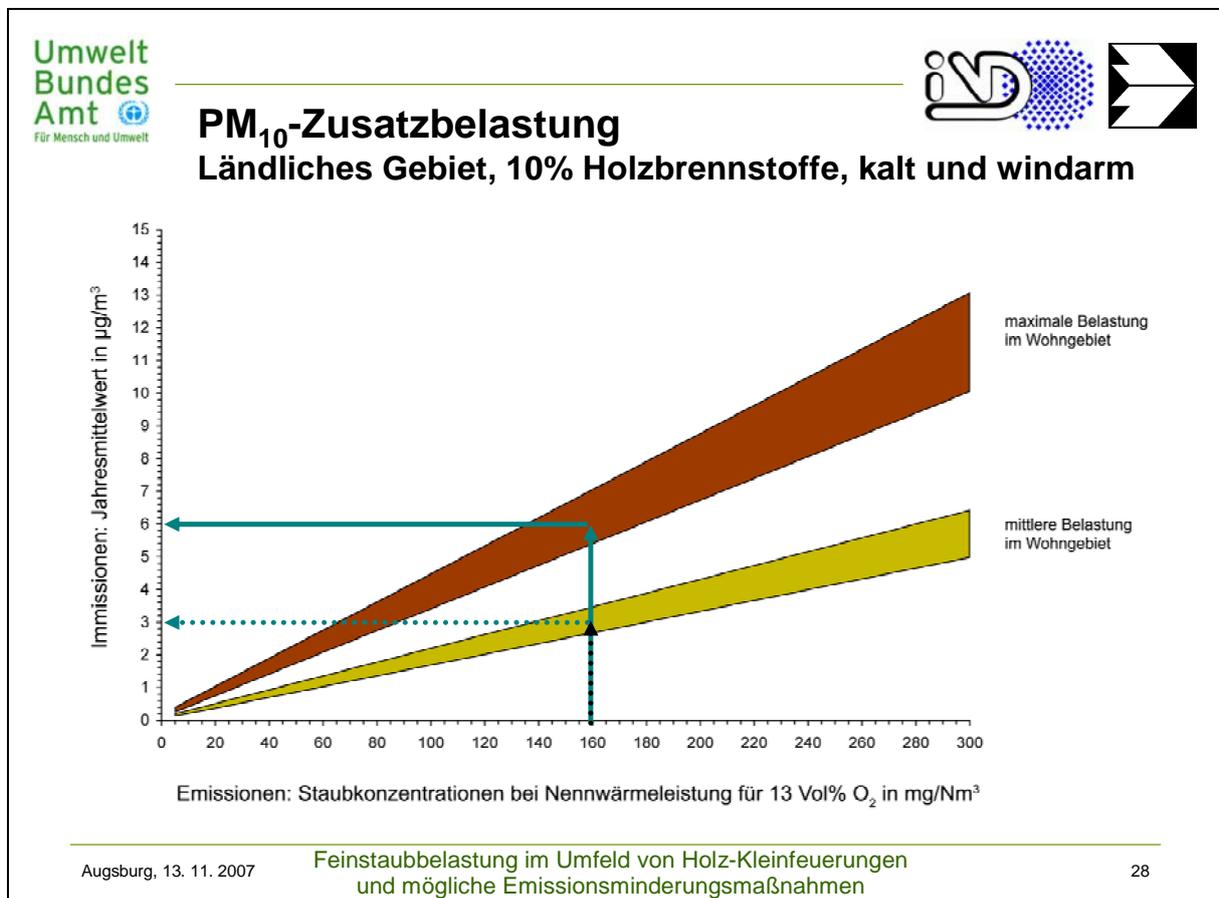
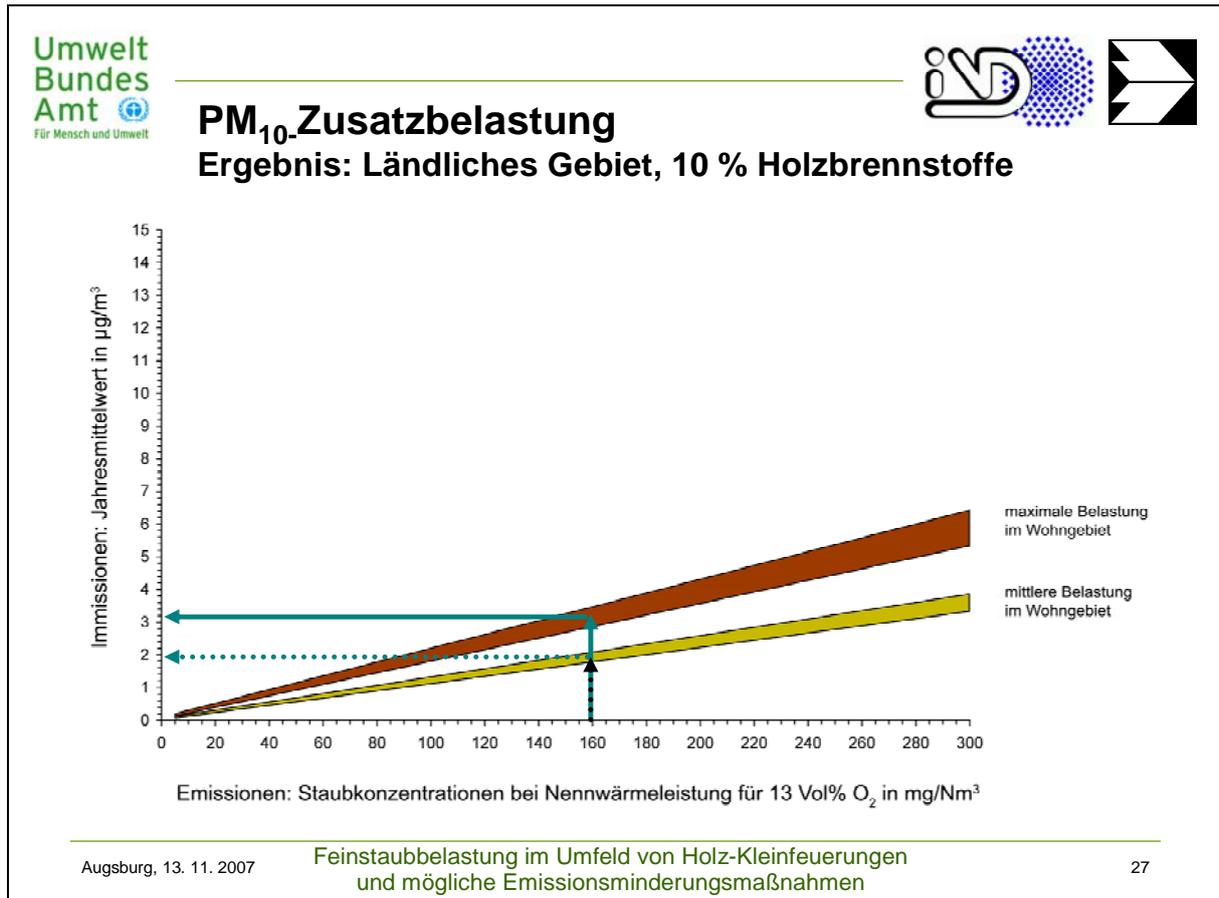
- **Höhere Belastung in der Stadt durch:**
 - größere Siedlungsdichte (größere Energiedichte, Störung des Windfelds, weniger freie Fläche)
- **Geringere Belastung in der Stadt durch:**
 - kompaktere Gebäude (geringere Transmissionsverluste)
 - höhere Schornsteine
- **In der Bilanz bei gleichem Energiemix größere Belastung in der Stadt**
 - aber i.a. dort geringerer Anteil an Holzbrennstoffen

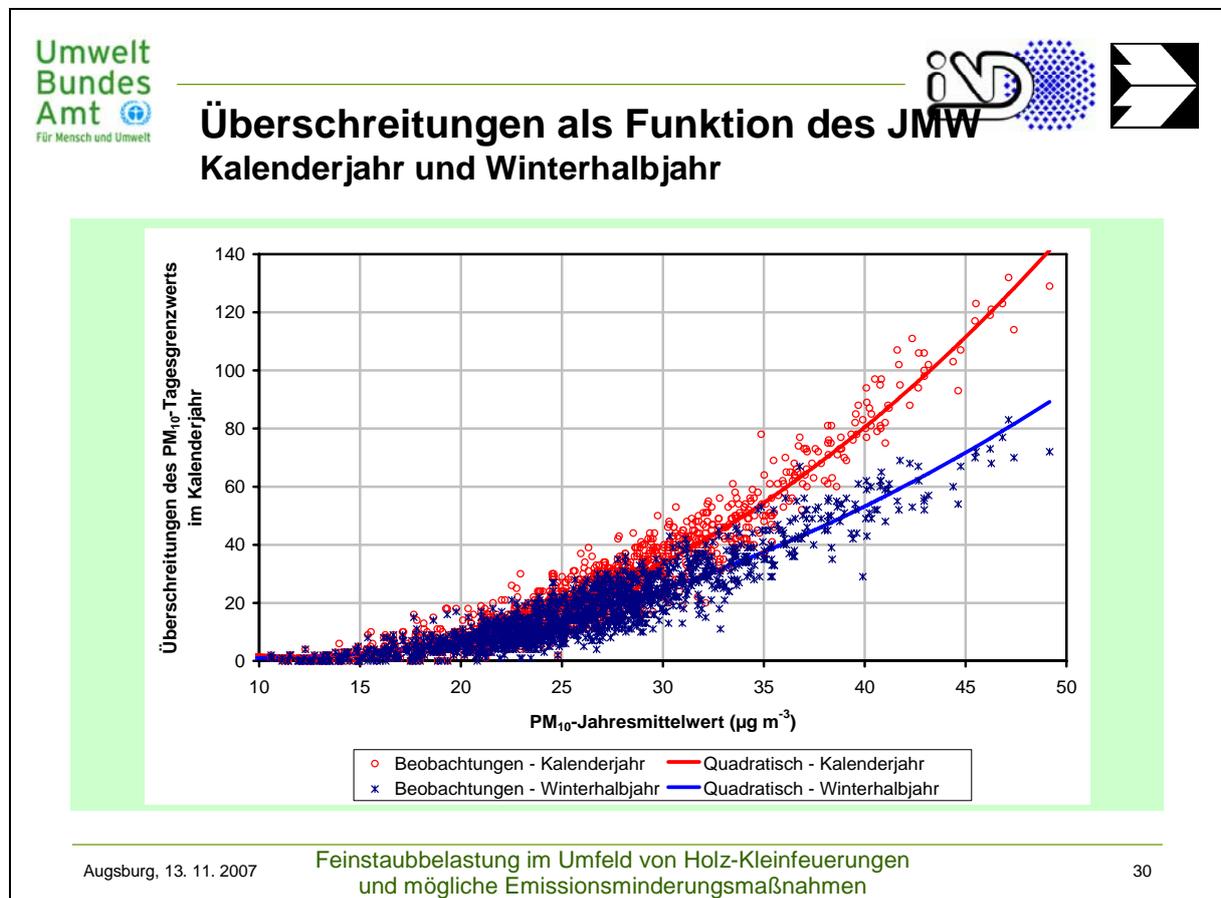
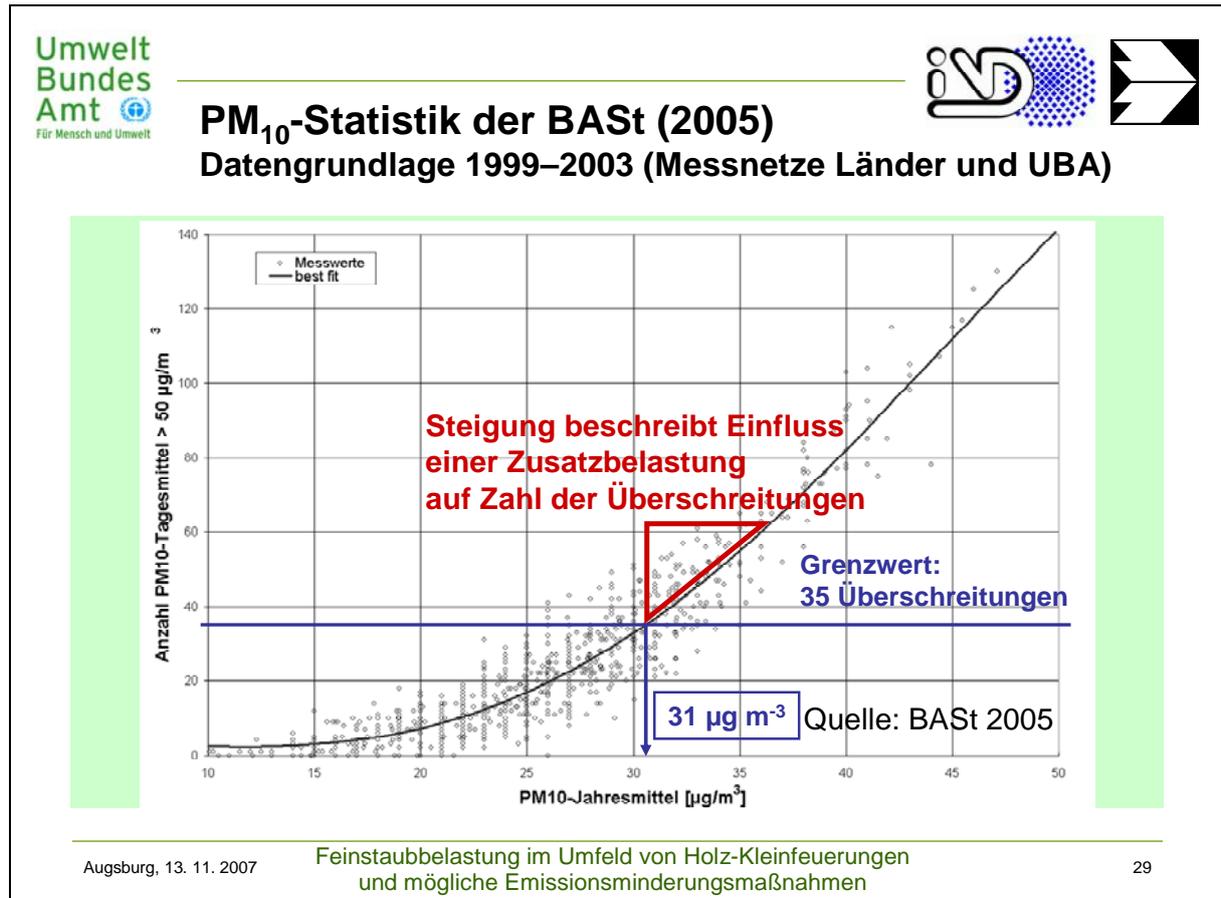
Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinfeuerungen
und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

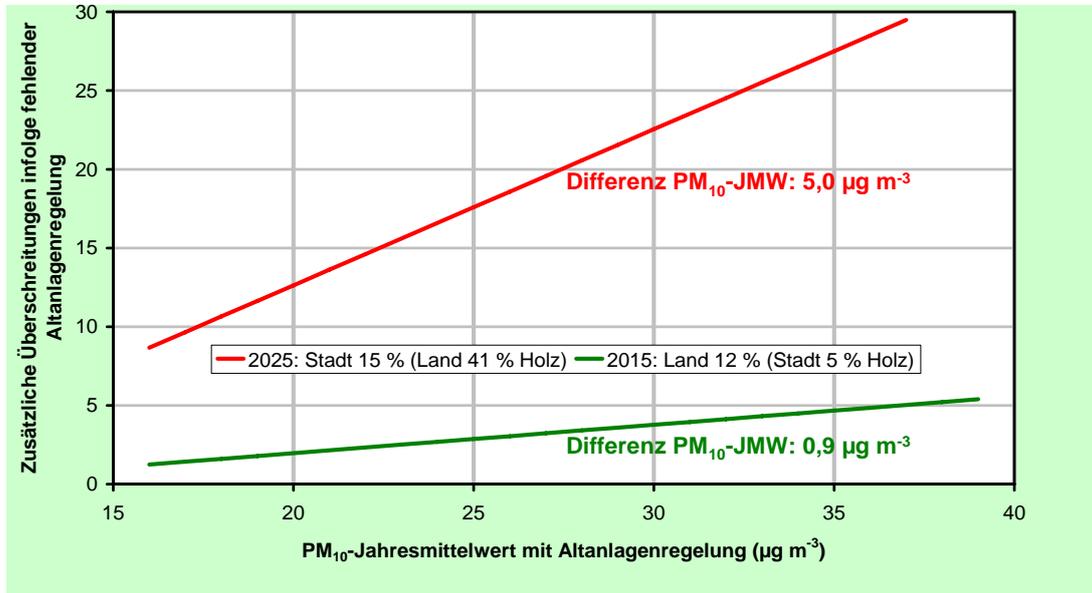
24







Einfluss der Altanlagenregelung (1.BImSchV) Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwerts



Augsburg, 13. 11. 2007

Feinstaubbelastung im Umfeld von Holz-Kleinf Feuerungen und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen

31

Microsoft Excel - arbeitsblatt.B10M15_test04-geschuetzt.xls

Legende	Basisfall	SdT	Szenario	SdT
prozent. Endenergieanteil umgesetzt in:	[t]	[t/10]	[t]	[t/10]
HEL-Kessel	50	5	0	5
Gas-Kessel	50	5	50	5
Pellets-Kessel	0	5	50	5
Hackschnitzel-Kessel	0	5	0	5
Getreide-Kessel	0	5	0	5
Stüblisch-Kessel mit Pufferpeicher	0	5	0	5
Stüblisch-Kessel ohne Pufferpeicher	0	5	0	5
Zusatzfeuerung	0	5	0	5
Sonstige z.B. Elektro, Fernwärme	0	0	0	0

Endenergieanteil [%]

Jahresmittelwert Immission

maximal beaufschlagte Fläche im Untersuchungsgebiet	Flächenmittelwert des gesamten Untersuchungsgebiets
Basisfall	Szenario
<1	4,00
<1	1,70

Jahresmittelwert Immissionen in µg/m³

UFOPLAN - Vorhaben KFZ 205 43 263

Umwelt Bundes Amt

Bearbeitet durch: Ingenieurbüro Lehmeier GmbH & Co. KG Karlsruhe und Dresden

	Basisfall				Szenario			
	NO _x (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	Benzol (µg/m ³)	BaP (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	Benzol (µg/m ³)	BaP (µg/m ³)
Immissionen - Vorbelastung	0	0	0	0	0	0	0	0
Stoff im Diagramm ausgehen [t]	x	x	x	x	x	x	x	x
Jahresmittelwert Immission maximal beaufschlagte Fläche im Untersuchungsgebiet:	7,0	<1	0,01	0,01	12,3	4,0	0,01	1,21
Jahresmittelwert Immission Flächenmittelwert des gesamten Untersuchungsgebiets:	3,2	<1	<0,01	0,01	5,7	1,7	<0,01	0,52

Bemerkungen:

Zusammenfassung

- Modellrechnungen für zwei hypothetische Wohngebiete
- Belastung im Stadtmodell entspricht Belastung im Landmodell bei ca. 3-fachem Anteil an Holzbrennstoffen
- Wo Holz eine Rolle spielt, PM_{10} -Dynamik beim JMW in der Größenordnung einiger $\mu g m^{-3}$
- Einfluss auf Überschreitungen des PM_{10} -Tagesgrenzwerts abhängig von Vorbelastung, Größenordnung 2-20
- Größenordnungen vereinbar z.B. mit AEROWOOD, aber direkte Validierung der Ergebnisse steht noch aus
- Detaillierte Zahlen: Bericht und Excel-Tool (BIOMIS)

Tagungsleitung / Referenten

Dr. Michael Rössert
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 – 52 00
E-Mail: Michael.Roessert@lfu.bayern.de

Gerhard Schmoeckel
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 – 52 04
E-Mail: Gerhard.Schmoeckel@lfu.bayern.de

Anja Behnke
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
Tel.: (0340) 21 03 – 38 01
E-Mail: Anja.Behnke@uba.de

Thomas Bleul
Firma Spanner GmbH
Niederfeldstr. 38
84088 Neufahrn
Tel.: (08773) 7 07 98 – 22
E-Mail: Thomas.Bleul@spanner.de

Günter Fischer
Firma Kutzner + Weber
Frauenstr. 32
82216 Maisach
Tel.: (08141) 9 57 – 1 15
E-Mail: Fischer@kutzner-weber.de

Dipl.-Ing. Robert Kunde
Bayerisches Zentrum für angewandte Energie-
forschung e.V.
ZAE Bayern
Abteilung 1: Technik für Energiesysteme und
Erneuerbare Energien
Walther-Meißner-Straße 6
85748 Garching
Tel.: (089) 32 94 42 – 26
E-Mail: Kunde@muc.zae-bayern.de

Dipl.-Ing. und Dipl.-EWi (FH) Volker Lenz
Projektleiter Bioenergiesysteme
Institut für Energetik und Umwelt gGmbH
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig
Tel.: (0341) 24 34 – 4 50
E-Mail: Volker.Lenz@ie-leipzig.de

Dr. Jürgen Schnelle-Kreis
Bayerisches Institut für angewandte Umweltfor-
schung und -technik
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg
Tel.: (0821) 70 00 – 228
E-Mail: JSchnelleKreis@bifa.de

Alfred Trukenmüller
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 4.1 "Grundsatzfragen der Luftrein-
haltung"
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
Tel.: (0340) 21 03 – 27 54
E-Mail: Alfred.Trukenmueller@uba.de

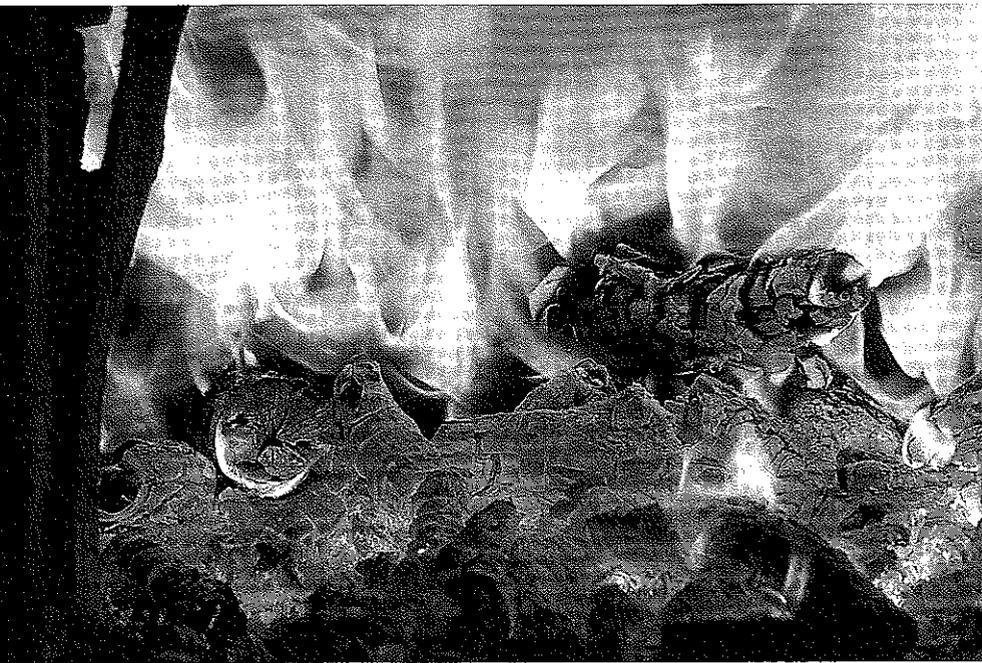


Abbildung 5: Blick auf ein Filterelement durch die Revisionsöffnung nach Abschluss der Testphase

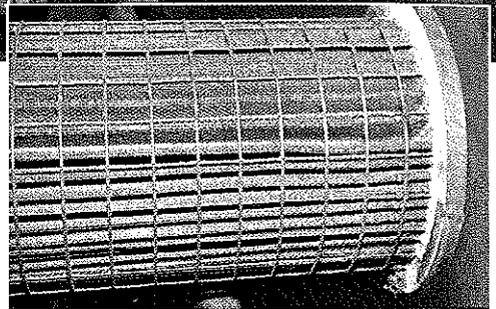
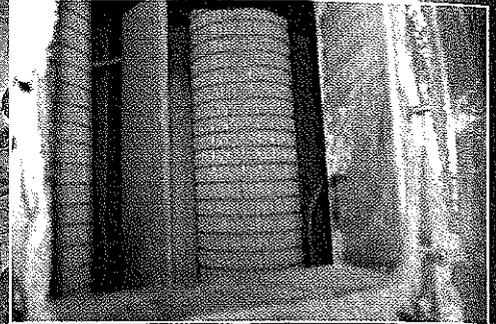


Abbildung 1: Filterpatrone mit Stützgewebe

Entstaubt: Filtertechnik für Kleinfeuerung

Die energetische Nutzung von pflanzlichen Abfällen hat einen besonders hohen CO₂-Minderungeffekt. Allerdings ist deren Verbrennung oftmals auch mit besonders hohen Staubemissionen verbunden, sodass Emissionsbegrenzungen häufig nicht eingehalten werden können

Voraussetzung für eine vermehrte energetische Nutzung von pflanzlichen Abfällen in Kleinfeuerungsanlagen ist daher ein kostengünstiges, aber wirkungsvolles Abgasentstaubungsaggregat. Nachdem die Firma Oskar Winkel Filtertechnik ein Erfolg versprechendes Entwicklungskonzept für ein solches Entstaubungsaggregat vorgelegt hatte, hat das Landesamt für Umwelt die Firma mit den entsprechenden Entwicklungsarbeiten beauftragt. Das Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) im Rahmen der EU-Strukturförderung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Staubabscheiders für kleine Biomassefeuerungen mit folgenden Eigenschaften:

- ♦ hohe Abscheideleistung,
- ♦ Unempfindlichkeit gegen Funkenflug,
- ♦ Unempfindlichkeit gegen Taupunktunterschreitungen,
- ♦ geringer Druckverlust,
- ♦ geringe Investitionskosten.

Dabei sollten die Erfahrungen des Instituts für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden, (ILK Dresden) bei der Rauchgasfiltration einbezogen werden. Folgendes technisches Konzept für das Aggregat wurde vorgesehen:

- ♦ Einsatz von Filterpatronen mit plissiertem (gefaltetem) Filtergewebe,
- ♦ Verwendung von Edelmetallgewebe mit Stützgewebe,
- ♦ Druckluft-Impulsabreinigung,
- ♦ Einsatz eines Verdrängungskörpers in der Patrone für einen effizienteren Drucklufteinsatz,
- ♦ Ausbildung des Verdrängungskörpers als Heizeinrichtung, um zur Vermeidung von Taupunktunterschreitungen die Patrone vor dem Anfahren aufheizen zu können.

Nach Fertigung eines Prototyps wurde dieser im Teil-Abgasstrom (400 Bm³/h) eines Biomasseheizwerkes über einen Zeitraum von etwa 1.000 Betriebsstunden getestet. In der Feuerung wurden dabei Holzhackschnittel mit geringem und mit hohem Grünanteil eingesetzt. Um Kondensatbildung zu vermeiden, mussten die Bypass-Rohrleitungen und das gesamte Filtergehäuse isoliert werden.

Abbildung 1 zeigt eine Filterpatrone mit Stützgewebe und dem dahinter liegenden, plissierten Metallgewebe nach ihrem Einsatz am Ende der Testphase. Während der Testphase hat das ILK Dresden Emissionsmessungen durchgeführt. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der kontinuierlichen Staubmessungen im Reingas. Die gemessenen Konzentrationen lagen sicher unter 10 mg/m³. In Abbildung 3 ist der Verlauf der Staubkonzentration im Rohgas während mehrerer Betriebsstunden dargestellt. Deutlich wird, wie stark die Staubkonzentration durch Rostschubbewegungen beeinflusst wird. Im Mittel la-

Verlauf Feingaskonzentration

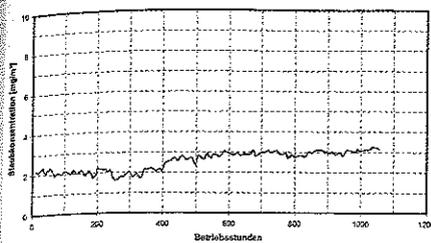


Abbildung 2: Verlauf der kontinuierlich gemessenen Staubkonzentration im Reingas

Rohgaskonzentration 09.05.2004

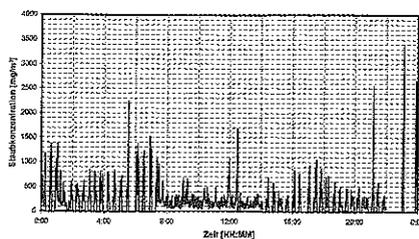


Abbildung 3: Verlauf der kontinuierlich gemessenen Staubkonzentration im Rohgas während 24 h

Verlauf Druckverlust Filterelemente

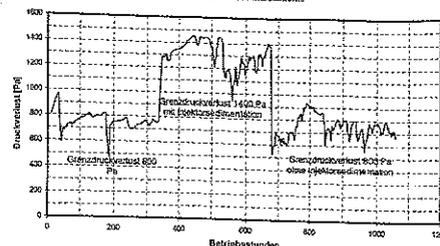


Abbildung 4: Verlauf des kontinuierlich gemessenen Druckverlustes zwischen Filterein- und Filteraustritt

gen die Staubkonzentrationen im Rohgas zwischen 70 und 200 mg/m³.

Einen weiteren Schwerpunkt des Projektes bildeten die Untersuchungen zum Druckverlust und Energieverbrauch. Sie ergaben, dass diese wesentlich von der Häufigkeit der Druckluftabreinigungsvorgänge beeinflusst werden. Tabelle 1 zeigt hierzu die Zusammenhänge für unterschiedliche Betriebseinstellungen. Den Verlauf des Druckverlustes während der gesamten Projektphase zeigt Abbildung 4. Dabei sind die verschiedenen Testphasen mit häufiger Abreinigung (niedriger Grenzdruckverlust) und seltener Abreinigung (hoher Grenzdruckverlust) erkennbar.

Nach Abschluss der Testphase wurde das Aggregat zur Überprüfung der Filterelemente geöffnet. Abbildung 5 zeigt einen Blick auf ein Filterelement durch die Revisionsöffnung. Die in den Falten erkennbaren Staubablagerungen ließen sich durch Abklopfen leicht entfernen. Danach waren die Filterpatronen wieder völlig sauber (siehe Abbildung 1). Der Abschlussbericht zu dem Projekt steht unter www.lfu.bayern.de <Luft> <Nachwachsende Rohstoffe> <biogene Festbrennstoffe zur Verfügung.

Mittlerweile wurde das Entstaubungsaggregat an weiteren Anlagen getestet. Messungen des Instituts für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD) der Universität Stuttgart im Teilabgasstrom einer Getreidefeuerung zeigten, dass Staubgehalte im Rohgas von 200 bis 600 mg/m³ auf Reingaskonzentration von weniger als 10 mg/m³ abgereinigt werden können. Auch für HCl ergaben sich Abscheidegrade von mehr als 50 %. Die bei der Verbrennung von Futterweizen und Getreideaussputz im Gewebefilter abgeschiedenen Stäube konnten problemlos mit Druckluft abgereinigt werden. Allerdings führte die Verbrennung von Pellets aus der Getreidereinigung zu einer Verklebung der Filterpatronen, sodass nach kurzer Betriebszeit der Druckverlust drastisch anstieg. Der auf dem Edelstahlgewebe anhaftende Filterkuchen konnte jedoch durch Abklopfen oder Abbürsten problemlos entfernt werden.

In der Zwischenzeit wurde die Firma Winkel Filtertechnik von der Firma KÖB – Wärme aus Holz, einem führenden innovativen Hersteller auf dem Gebiet von Holzfeuerungen, über-

Tabelle 1: Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit des Abreinigungsimpulses, dem Druckverlust und dem Energieverbrauch für unterschiedliche Betriebseinstellungen

Anzahl der Abreinigungszyklen	Betriebspunkte Vollumlaufstrom - Abreinigungsdruck		
	400 m ³ /h - 4 bar	400 m ³ /h - 5 bar	450 m ³ /h - 5 bar
Gesamtdruckverlust in Pa			
60	1150	950	1000
5	1750	1010	1150
Gesamtleistung in kW			
60	0,185	0,171	0,190
5	0,199	0,118	0,149

nommen. Die KÖB übernimmt ab sofort den Verkauf und Vertrieb des Entstaubungsaggregates.



Dipl.-Ing. Gerhard Schmoeckel

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg, Tel. 0821/9071-5204
gerhard.schmoeckel@lfu-bayern.de

Gerhard Schmoeckel ist im Referat „Luftreinhaltung bei Anlagen“ des Bayerischen Landesamts für Umwelt tätig. Hier betreut er den Bereich Feuerungsanlagen.

Oskar Winkel

Kaiser-Wilhelm-Ring 30
92224 Amberg, Tel. 09621/15743

Oskar Winkel ist freier Berater für den österreichischen Heizanlagenhersteller „KÖB – Wärme aus Holz“. Zuvor war er als Geschäftsführer und Inhaber der „Oskar Winkel Filtertechnik“ aktiv.

Der Biogas-Coach für wirtschaftlichen Erfolg

Verbessern Sie mit uns Ihr Ergebnis um mindestens 50.000€*

* Gesamtergebnis einer Netto-Brutto-Biogasanlage mit 500 kW_{el} bei Eigenbetrieb durch den Landwirt im Vergleich zu einer Vollkostenrechnung auf Basis eines aktuellen Generalunternehmer-Angebotes

Wir begleiten Ihr Biogas-Projekt kompetent und unabhängig und sorgen für Ihr bestmögliches Ergebnis als Betreiber, Biomasse-Zulieferer, Eigen-Investor oder Kapitalanleger.

Wir sind völlig unabhängig und an keinen Hersteller, Planer, Lieferanten, Finanzierer oder sonstigen Anbieter gebunden.

Wir sorgen für:

- Faire Verträge zwischen allen Beteiligten
- Die richtigen Preise und Konditionen auf allen Ebenen: Von der Planung - über die BGA und das BHKW - bis zur Wartung und Betriebsführung
- Die bestmögliche Finanzierung
- Das fehlende Eigenkapital
- Speziell auch bei Gemeinschaftsanlagen

Entscheidungsvorbereitung:
Eigene Investition oder
Betreibermodell / Fondslösung

Auch hier prüfen wir unabhängig und neutral die vorgelegten Vorschläge und Angebote und erarbeiten mit Ihnen gemeinsam die für Sie beste Lösung. Testen Sie uns: Die Erstberatung ist kostenlos.

MARKUS BERNHARD
ERNEUERBARE ENERGIEN

Frontenhausener Str. 33 – 84137 Vilsbiburg – Tel. 08741/9480-0
www.markusbernhard.de – info@markusbernhard.de

Biete zum Kauf

Biogasanlage für Grünschnitt-Trockenfermentation

BHKW 80 kW im Container,
Standort Brandenburg, Betreuung
auf vorh. angepachteten
Betriebsgrundstück möglich,
jedoch nicht Bedingung,
Preis nach Vereinbarung

Zuschreiben bitte unter

Chiffre ERE 87004

an Erneuerbare Energien,
30130 Hannover.

