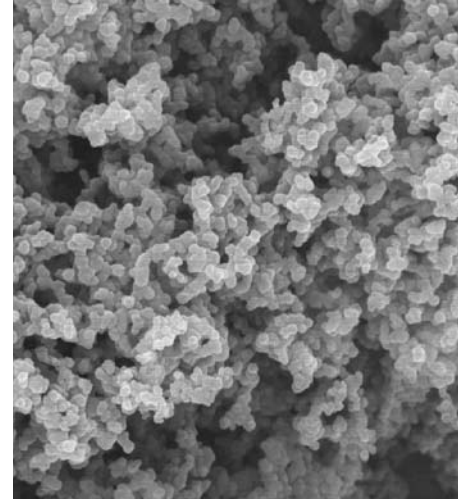


Feinstaub - Droht Gefahr auch im Innenraum?

Die Belastung der Luft mit ultrafeinen und feinen Partikeln wird heute von Wissenschaftlern als eines der wesentlichen umweltbedingten Gesundheitsrisiken angesehen. Während für die Feinstaubbelastung der Außenluft mittlerweile eine Fülle von Studien detaillierte Informationen zu Exposition, Wirkung und Gesundheitsrisiken liefern, ist dies für den Innenraumbereich keineswegs so. In Anbetracht dessen, dass wir uns zu einem überwiegenden Teil der Zeit in Innenräumen aufhalten, erscheint es dringend erforderlich, dass die Feinstaubsituation auch hier genauer untersucht wird.

Messergebnisse sind nur begrenzt verfügbar. Häufig liegen zwar Gesamtfinstaubmessungen für Innenräume vor, die für Wirkungsfragen entscheidende morphologische und chemische Zusammensetzung der Partikel dagegen ist oft nicht bekannt. Problematisch ist auch, dass in Innenräumen viele verschiedene Einflussfaktoren den Feinstaubgehalt steuern, darunter bauliche Bedingungen, das Lüftungsverhalten oder Aktivitäten der Raumnutzer. Auch gestaltet sich die Zuordnung der Messergebnisse zu Quellen im Innenraum oder aus der Außenluft meist schwierig. Nicht zuletzt erschweren unterschiedliche Messverfahren in Innenräumen eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse.



Feinstaub aus der Verbrennung von Dieselruß unter dem Rasterelektronenmikroskop. Beim Lüften gelangen die Partikel auch in Innenräume. GSF.

Im nachfolgenden Papier wird der derzeitige Stand des Wissens zur Feinstaubbelastung in Innenräumen wiedergegeben. Allgemeine Hintergrundinformationen zu Feinstaub (Begriffe, Einheiten, Emissions- und Immissionsdaten sowie Erkenntnisse zu Wirkung und gesundheitlicher Bedeutung) finden sich in dem **FLUGS-Papier** „Feinstaub - Kleine Partikel mit großer Wirkung“ (http://www.gsf.de/flugs/Feinstaeube_2005_Flugs.pdf). Weiterführende Informationen zu Herkunft und Eigenschaften der Partikel, chemischer Zusammensetzung, Mess- und Analysetechniken, Deposition und Transport im Körper, Details zu Wirkungsfragen und vieles mehr liefert die **GSF-Broschüre** „Großes Netzwerk für kleine Teilchen - Aerosolforschung in der GSF“ (http://www.gsf.de/neu/Aktuelles/Zeitschriften/index_aerosole.php).

1. Quellen für Feinstaub in Innenräumen

Als Quellen für das Vorkommen von feinen und ultrafeinen Partikeln in Innenräumen kommen grundsätzlich zwei Bereiche in Frage: Die Entstehung von Partikeln durch Vorgänge im Innenraum selbst sowie das Eindringen von Partikeln mit der Außenluft in den Innenraum. Innenraumeigene Quellen für die Entstehung und Verteilung von Feinstaub bilden vor allem menschliche Tätigkeiten wie Rauchen, Kochen oder Staubsaugen. Zu betonen ist, dass - wie schon in Hinblick auf die meisten Innenraumluftschadstoffe - das Tabakrauchen bzw. die Passiv-Rauchbelastung die bedeutendste Quelle der Feinstaubbelastung in Innenräumen darstellt. In der Büroumgebung spielen zusätzlich der Betrieb von Kopierern und Laserdruckern als Emissionsquellen eine wesentliche Rolle, dazu hat die Informationsstelle Human-Biomonitoring der GSF ein gesondertes Informationspapier herausgegeben (<http://www.gsf.de/infostelle-humanbiomonitoring/pdf/Toner.pdf>).



Rauchen ist eine mögliche Feinstaubquelle in Innenräumen. Foto: Photocase.

1.1 Quelle Außenluft

In der Mehrzahl der bisherigen Messungen lassen sich bis zu 75 Prozent der Partikelzusammensetzung im Innenraum durch die Beschaffenheit der Außenluft und das Lüftungsverhalten der Bewohner erklären: Partikel gelangen aus der Außenluft in Innenräume - neben Undichtigkeiten in Fenstern und Türen sorgen die Bewohner selbst durch Lüften und offene Türen für die Durchmischung der Raumluft. Allerdings finden sich auch Studien, in denen ein Zusammenhang zwischen der Feinstaubbelastung von Außen- und Innenraumluft nicht klar hergestellt werden kann.

Die außenluftbezogene Feinstaubbelastung in Innenräumen unterliegt großen zeitlichen Schwankungen. So können abhängig von der Jahreszeit und der vorherrschenden Wetterlage als Folge hoher Schwankungen in den Außenluftschadstoffkonzentrationen auch in Innenräumen große Schwankungen der Partikelkonzentrationen auftreten: Nach winterlichen Belastungsspitzen folgt bis Ende April zumeist eine Periode mittlerer Konzentrationen, der sich etwa ab Mai eine längere Phase auf niedrigem Niveau anschließt. So ließen sich jahreszeitbedingt im Rahmen einer Studie an bayerischen Schulen, in denen Sommer- und Wintermessungen durchgeführt wurden, um bis zu 34 % niedrigere Werte für PM_{10} bzw. $PM_{2,5}$ im Mittel in den Sommermonaten beobachten.

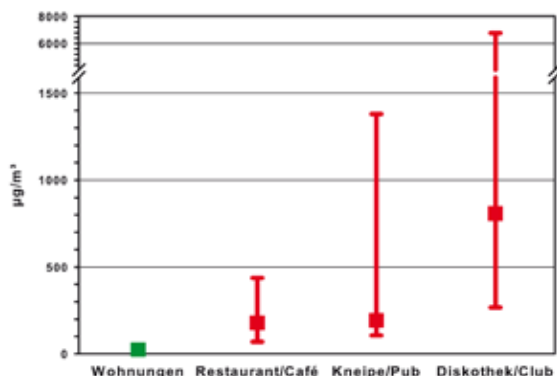
Auch bei der Zusammensetzung der Partikel lohnt eine differenzierte Betrachtung. So finden sich beispielsweise in Innenräumen vermehrt Partikel, an die in höherem Maße Mikroorganismen, Endotoxine oder Allergene gebunden sind. In der Raumluft (von Nichtraucherhaushalten) werden zudem deutlich geringere Konzentrationen an kohlenstoffhaltigen Partikeln gemessen als im Außenraum.

1.2 Innenraumquellen

In Räumen mit überdurchschnittlich hoher Feinstaubbelastung tragen zumeist Quellen in den Innenräumen selbst (vor allem Rauchen, Kochen und Backen, angezündete Kerzen) wesentlich zu der erhöhten Belastung bei. So sind erwartungsgemäß in Raucherhaushalten drastisch höhere Feinstaubbelastungen anzutreffen als in Haushalten, in denen sich ausschließlich Nichtraucher aufhalten. Eine Bestimmung des Rußgehalts in den Feinstäuben belegt die große Bedeutung des Rauchens für die Feinstaubbelastung. Der Einfluss von Tabakrauch auf die Feinstaubkonzentration wird gerade in Gaststätten besonders deutlich: Typische $PM_{2,5}$ -Konzentrationen in Wohnungen liegen bei 20-30 $\mu g/m^3$, dagegen werden in Gastronomiebetrieben durchschnittliche Partikelkonzentrationen von 178 (Restaurants) bis zu 808 $\mu g/m^3$ in Diskotheken gemessen. Das Rauchen einer Zigarette erhöht die Grundbelastung an PM_{10} beispielsweise um etwa 37 $\mu g/m^3$, in Testräumen wurden Spitzenbelastungen von bis zu 150 $\mu g/m^3$ beim Rauchen einer Zigarette gemessen.



Bis zu 75 Prozent der Partikelzusammensetzung in Innenräumen lässt sich durch Außenluftquellen erklären. Foto: Pixelio.



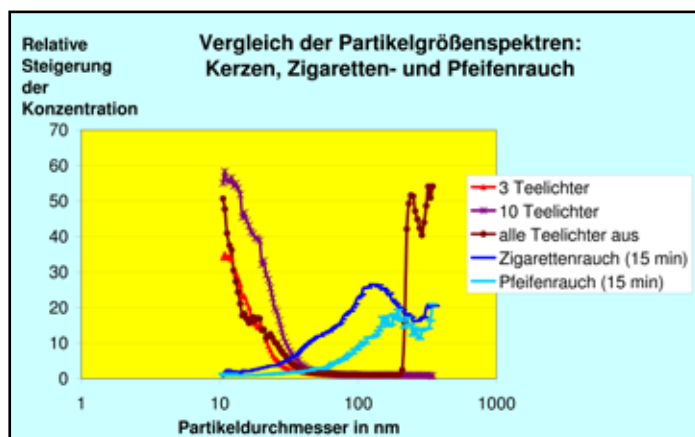
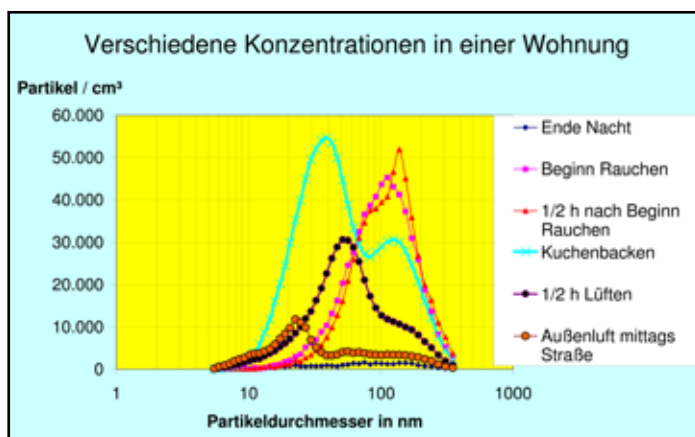
Minimum, Durchschnittswert (Median) und Maximum der Partikelmassenkonzentration $PM_{2,5}$ in Wohnungen und Gaststätten (Deutsches Krebsforschungszentrum 2007).

Kochaktivitäten - mit Gasherd wie auch mit Elektroherd - führen zu kurzfristig oft hohen Spitzenbelastungen mit feinen und ultrafeinen Partikeln. Die Höhe der Konzentrationen hängt dabei von der Art des Kochens (Braten, Frittieren etc.), dem Energieeinsatz und nicht zuletzt den Lüftungsbedingungen ab. Es überwiegen Partikel im Bereich 16-72 nm, wobei die ultrafeinen Partikel rasch zu größeren Partikeln koagulieren.

Nachfolgende beiden Grafiken des Umweltbundesamtes zeigen den Einfluss verschiedener Quellen und Einzelereignisse auf die Feinstaubbelastung von Innenräumen. Während Rauchen, Kochen und Backen als Quellen allgemein bekannt sind, gibt es auch einige bislang weniger bekannte Quellen. So können zum Beispiel brennende Kerzen und Teelichter bzw. deren Auslöschen zu einem erheblichen Anstieg der Feinstaubkonzentration in Innenräumen beitragen. Staubsauger können - je nach technischem Entwicklungsstand - mehr oder weniger die Feinstaubbelastung erhöhen.



Hohe Partikelkonzentrationen können auch durch Kochaktivitäten entstehen. Foto: Pixelio.

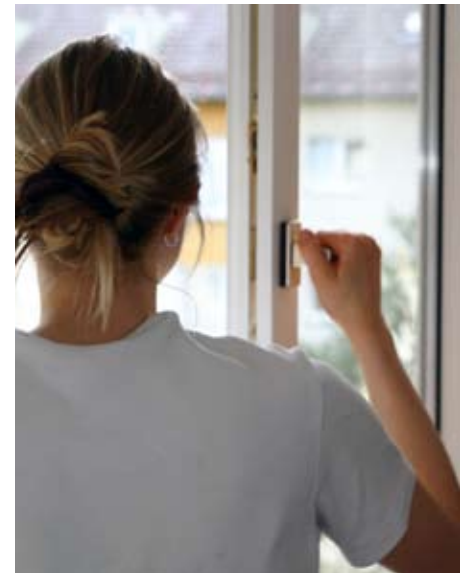


Partikelkonzentrationen im Innenraum in Abhängigkeit von verschiedenen Aktivitäten (D. Bake, Umweltbundesamt, aus: Bundesinstitut für Risikobewertung: ÖGD-Veranstaltung 2007)

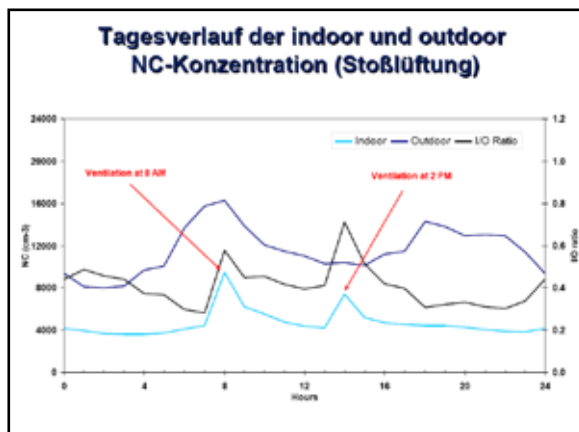
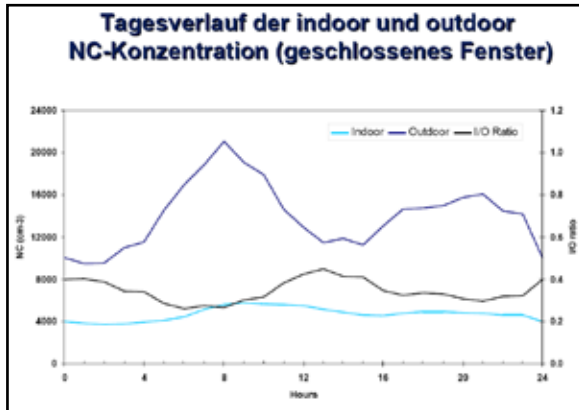
1.3 Luftaustausch, Deposition und Aufwirbelung

Das **Lüftungsverhalten** der Bewohner von Innenräumen nimmt ebenfalls großen Einfluss auf die aus der Außenluft stammenden Anteile der Partikelkonzentration: Erwartungsgemäß dringt bei geschlossenem Fenster am wenigsten Feinstaub in die Innenräume ein. Bei z.B. zweimaliger Stoßlüftung werden in der Raumluft weniger Partikel gemessen als bei ganztägig gekipptem Fenster. Dies dürfte daran liegen, dass sich nach Stoßlüften Partikel auf Oberflächen deponieren und so der Innenraumluft entzogen sind. Im Falle ganztägig gekippter Fenster dagegen steht die Partikelkonzentration der Außenluft mit der im Innenraum weitgehend im Gleichgewicht, die Teilchen werden ständig ausgetauscht.

In Abhängigkeit von ihrer Größe werden Partikel auf den Oberflächen der Räume auch wieder deponiert. Dabei ist die **Depositionsrate** bei kleineren wie auch großen Partikeln größer als bei Partikeln mittlerer Größe. In engem Zusammenhang zur Deposition steht auch die **Aufwirbelung**, die Resuspension von Partikeln. Nicht zuletzt nimmt hier der Mensch selbst direkten Einfluss auf die Feinstaubkonzentration: Durch seine **Bewegungen** wirbelt er den aus Außenluft- und Innenraumquellen stammenden, abgelagerten Staub auf und erhöht so seine individuelle Exposition. Jeden Menschen umgibt somit eine „persönliche Staubwolke“, die die mittlere Partikelkonzentration der Umgebung zeitweise durchaus übersteigen kann. Dieser Faktor spielt im Außenbereich keine ausschlaggebende Rolle.



Das Lüftungsverhalten hat einen großen Einfluss auf die aus der Außenluft stammenden Anteile der Partikelkonzentration. Foto: mvdh.



Tagesverlauf der Indoor- und Outdoor-Partikelanzahlkonzentration (NC = number concentration) in Abhängigkeit von dem Lüftungsverhalten (Cyrus et al. 2004, aus: J. Heinrich, 2005: Indoor-Outdoor-Korrelationen der Feinstaubbelastung. Feinstaubkonferenz Berlin)

2. Ausgewählte Messergebnisse

In jüngerer Zeit sind eine Reihe von Messungen publiziert worden, in denen mehr oder weniger hohe Konzentrationen an Feinstaub in Innenräumen, vor allem in Gemeinschaftseinrichtungen, nachgewiesen wurden. Grundsätzlich muss betont werden, dass zum Teil sehr unterschiedliche Probennahme- und Messsysteme angewandt werden und ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse daher nur eingeschränkt möglich ist. Auch der Vergleich der Ergebnisse mit Messungen im Außenluftbereich sollte sehr vorsichtig erfolgen, da beispielsweise in Innenräumen die Aufwirbelung eine große Rolle spielt, was im Außenbereich vernachlässigbar ist.

Eine besondere Belastungssituation scheint sich für Gemeinschaftseinrichtungen abzuzeichnen. Dies liegt, so vermuten die Wissenschaftler, vor allem an schlechten Lüftungsbedingungen und unzureichender Reinigung der Räume im Vergleich zu Privathaushalten sowie an unterschiedlichen Nutzungsbedingungen.

Eine Untersuchung im Auftrag des Landesamtes für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit Berlin befasste sich im Jahr 2003 unter anderem mit der Feinstaubbelastung an 40 Berliner Schulen und fünf Turnhallen im Stadtgebiet. Die gemessenen Gehalte an alveolengängigem Feinstaub ergaben einen Mittelwert von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zum Vergleich: Der städtische Hintergrund der Berliner Außenluft liegt bei $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mittlere Belastungen in Berliner Wohnungen bei ca. $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lediglich Raucherwohnungen zeigen eine ähnlich hohe Feinstaubbelastung wie in den Schulen. Einzelmessungen in den Schulräumen reichten von 17 bis $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rechnet man die Messwerte auf PM_{10} -Werte um, kommt man auf durchschnittlich $100 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$.

Auch das Stadtgesundheitsamt Frankfurt hat die Feinstaubbelastung in Klassenräumen untersucht. Mit durchschnittlich $69 \pm 19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Median: $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) lag sie deutlich über der gleichzeitig mit gleichen Verfahren gemessenen durchschnittlichen Außenluftkonzentration ($44 \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Median $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dies entspricht Werten, die im Bereich der üblicherweise in Raucherwohnungen vorzufindenden Feinstaubbelastung und doppelt so hoch wie in Nichtraucherwohnungen liegen.

In Baden-Württemberg fand eine vergleichende Untersuchung zur Feinstaubbelastung der Außenluft in Bezug zur Belastung von Wohnungen und einer Schule statt. Hier wurden auch die $\text{PM}_{2,5}$ -Werte, also feinere Partikel, sowie die Partikelanzahl in den Räumen aufgezeichnet. Die in den Wohnungen gemessenen Wochenmittelwerte für $\text{PM}_{2,5}$ lagen deutlich über den Werten der Wohnumgebung.

Einen wichtigen Einflussfaktor für die PM_{10} -Konzentration in Schulen scheint vor allem auch die Aktivität der Schüler darzustellen, wie eine jüngst in bayerischen Schulen durchgeführte Pilotstudie mit eingesetzten Aktivitätsmonitoren zeigt. Dies könnte auch erklären, weshalb in Klassenräumen jüngerer Schüler (mit mutmaßlich größerer Aktivität) durchweg höhere Feinstaubkonzentrationen gemessen wurden.

3. Gesundheitliche Bedeutung der Feinstaubbelastung im Innenraum

Um wirklich beurteilen zu können, welchen Einfluss eine nachweisliche Feinstaubbelastung im Innenraum auf die Gesundheit hat, muss neben dem gemessenen Ausmaß der Belastung vor allem die Feinstaubzusammensetzung hinsichtlich Art und Größe der Partikel genauer charakterisiert werden. Eine größenbezogene Differenzierung ist allerdings nicht in allen Studien erfolgt, so dass deren Aussagekraft bezüglich einer gesundheitlichen Bedeutung erheblich eingeschränkt ist. Wegen der höheren Luftfeuchte im Innenraum und den damit verbundenen besseren Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen spielen vermutlich biologische Komponenten des Feinstaubes im Innenraum eine größere Rolle als in der Außenluft. Deswegen sollte im Innenraum auch die größere Partikelfraktion in Hinblick auf mögliche gesundheitliche Wirkungen nicht vernachlässigt werden.

Geht man zunächst davon aus, dass zumindest in Nichtraucherhaushalten ein großer Teil der Partikelzusammensetzung durch die Außenluftbelastung zu erklären ist, lässt sich für das Gesundheitsrisiko durch Feinstaub in



Feinstaub in der Schule: Eine Untersuchung der Belastung an 40 Berliner Schulen und fünf Turnhallen im Stadtgebiet ergab ähnlich hohe Werte, wie sie in Raucherwohnungen gemessen werden. Foto: AOK.

Innenräumen eine der Außenluft vergleichbare Einschätzung geben. Zu den dokumentierten Kurzzeiteffekten durch Feinstaub zählen demnach erhöhte Mortalitätsraten, vermehrte Krankenhausaufnahmen und Arztbesuche wegen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen bis hin zu Änderungen des EKGs und anderer Funktionsparameter des Herz-Kreislauf-Systems und der Atemwege. An Tagen erhöhter Partikelkonzentrationen treten vermehrt Asthmasymptome auf, die Lungenfunktion ist eingeschränkt und Patienten benötigen an den Folgetagen vermehrt Medikamente.

Hinsichtlich einer Langzeitexposition gegenüber Feinstaub sind in einer Vielzahl von epidemiologischen Studien Anhaltspunkte für eine deutliche Wirkung auf die Gesundheit vorhanden. Diese reichen von chronischen Atemwegserkrankungen und vermindertem Lungenwachstum bis hin zu statistisch belegten Zusammenhängen mit einer erhöhten Sterblichkeit an kardiopulmonalen Ursachen und Lungenkrebs. Weitere Informationen zu Erkenntnissen über gesundheitliche Auswirkungen der Feinstaubbelastung im Außenluftbereich finden sich in der Broschüre „Großes Netzwerk für kleine Teilchen - Aerosolforschung in der GSF“.

Wie erwähnt finden sich in Innenräumen auch häufiger Partikel, an die vermehrt Mikroorganismen, Endotoxine oder Allergene gebunden sind. Da Allergene vor allem mit feinen, lungengängigen Partikeln ihren Weg in den Körper nehmen, spielt die Feinstaubkonzentration im Innenraum für Allergiker eine maßgebliche Rolle. Dieses Wissen gewinnt vor dem Hintergrund neuester Untersuchungen zur Sensibilisierung gegenüber Katzenallergenen neu an Bedeutung: Gerade bei Kleinkindern bis zum Alter von zwei Jahren erhöht sich - entgegen der häuslichen Schutzthese - das Risiko einer Sensibilisierung durch Exposition im häuslichen Umfeld gegenüber Katzenallergenen signifikant. Vermutlich wegen der Anlagerung von Katzenallergenen an Feinstaubpartikeln findet man in Raucherhaushalten höhere Katzenallergen-Konzentrationen.

Häufig wird die Frage gestellt, ob Ergebnisse aus epidemiologischen Studien zur Feinstaub-Wirkung der Außenluft durch Feinstaub in Innenräumen verfälscht sein könnten. Dies ist nach derzeitigem Stand des Wissens wohl eher nicht der Fall. Da Kurzzeiteffektstudien zu Feinstaub in der Außenluft auf die Tag zu Tag-Schwankungen der Luftschadstoff-Konzentrationen und der betrachteten Gesundheitsparameter Bezug nehmen, ist eine Verfälschung der Ergebnisse durch Innenraumfeinstaub nicht wahrscheinlich. Bei Langzeitwirkungen dagegen ist nicht auszuschließen, dass Innenraum-Feinstaub zusätzlich von Bedeutung sein kann. Zum Beispiel dann, wenn die Studienpopulation in den belasteten Gebieten auch mehr durch Passivrauchen im Innenraum belastet ist. Das könnte in Wohnarealen mit einem höheren Anteil sozial Benachteiligter auch real der Fall sein.

4. Empfehlungen und Maßnahmen zur Reduzierung der Feinstaubbelastung in Innenräumen

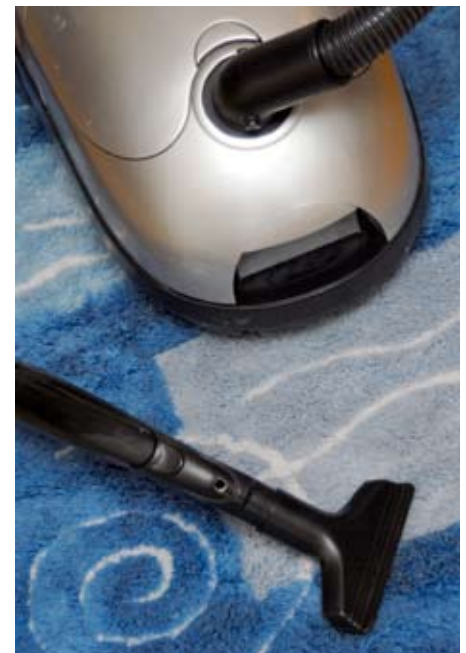
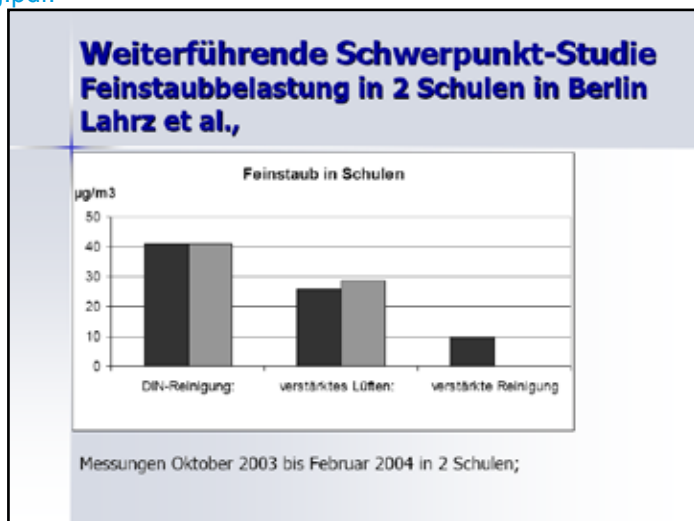
Die einfachste und zugleich wirksamste Möglichkeit zur Reduzierung der Feinstaubkonzentration in Wohnräumen haben Bewohner von Raucherhaushalten - durch Abschalten der Innenraumquelle Nummer Eins, dem Tabakrauch in Wohnräumen. In amerikanischen Restaurants und Bars lagen die mittleren PM₄-Gehalte bereits zwei Monate nach Inkrafttreten des Rauchverbots um 90 bis 95 Prozent niedriger als zuvor. Auch baulich vollständig getrennte Nichtraucherbereiche bewirken eine deutliche Reduzierung der Partikelkonzentrationen.



Erhöhte Mortalitätsraten, vermehrte Krankenhausaufnahmen und Arztbesuche wegen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen sind mögliche Kurzzeiteffekte durch Feinstaub. Fotos: AOK.

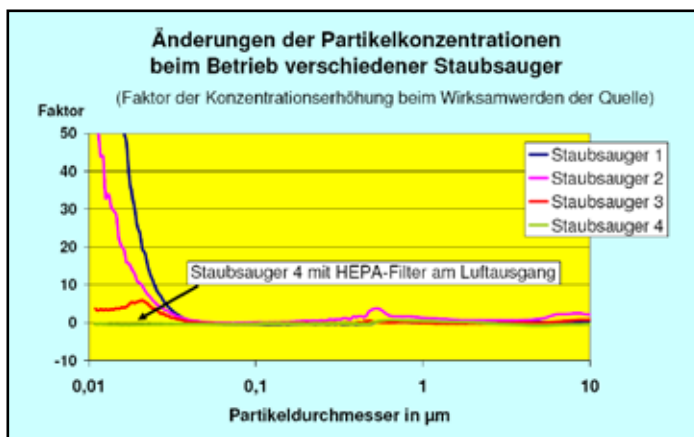
Aber auch für Nichtraucherhaushalte und -gemeinschaftseinrichtungen existiert eine Reihe von nachweislich effizienten Möglichkeiten zur Partikelreduzierung: Wie eine Untersuchung des Stadtgesundheitsamtes Frankfurt aus dem Jahr 2006 belegt, kann die Feinstaubbelastung in Schulen bereits durch einfache hygienische Maßnahmen deutlich gesenkt werden. Eine verstärkte **Lüftung** (Stoß- und Dauerlüftung) sowie ein erhöhter **Reinigungsaufwand** in den Klassenzimmern (tägliches nasses Wischen der Böden, Tische, Schränke, Fensterbänke und Stühle) reduzierte die Feinstaubbelastung gegenüber der vorher nach DIN-Vorgaben durchgeführten Minimalreinigung deutlich.

Praktische Reinigungshinweise für Klassenräume hat u.a. das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit zusammengefasst: http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/doc/luftqualitaet_reinigung.pdf.

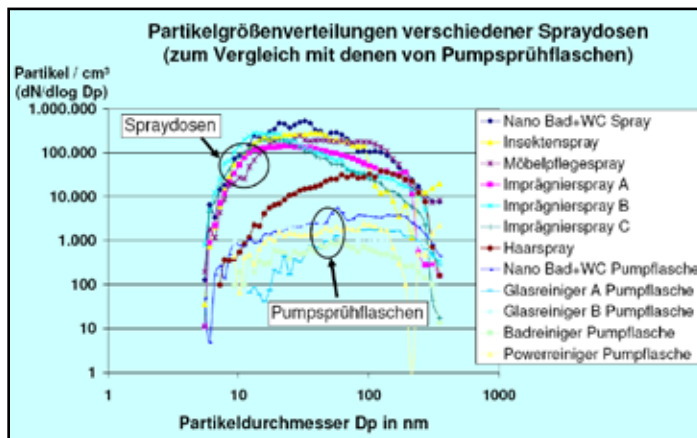


Feinstaubquelle Staubsauger: Die Emission unterscheidet sich je nach Modell und Ausstattung. Fotos: mvdh.

Reduzierung der Feinstaubbelastung durch verstärktes Reinigen und Lüften (Lahrz et al. 2003/04 aus: U.Heudorf: Dicke Luft im Klassenzimmer? - Wege zur Verbesserung, www.frankfurt.de).



Der Betrieb von **Staubsaugern** nimmt Einfluss auf die Feinstaubkonzentration im Wohnraum. Wie aktuelle Tests des Umweltbundesamtes gezeigt haben, kann dabei der Betrieb von Staubsaugermodellen mit effizienten Filtersystemen wie HEPA-Filtern (High-efficiency-particulate-air-Filter) die Konzentration deutlich reduzieren im Vergleich zu herkömmlichen Modellen.



Prüfkammerexperimente des Umweltbundesamtes haben auch gezeigt, dass **Pumpsprays** gegenüber Spraydosen geringere Konzentrationen an Partikeln emittieren. Ineffiziente Filtersysteme können allerdings beim Staubsauger auch zu einer deutlich höheren Staubbelastung durch Wiederaufwirbelung bereits sedimentalen Staubes führen.

Literaturauswahl

Bake, D. (2007): Ultrafeine Partikel im Innenraum: Entstehung und Vorkommen. - Vortrag gehalten auf ÖGD-Fortbildung März 2007 in Berlin.
http://www.bfr.bund.de/cm/232/ultrafeine_partikel_im_innenraum_entstehung_und_vorkommen.pdf

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit: Vorläufige Reinigungshinweise für Klassenräume.
http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/doc/luftqualitaet_reinigung.pdf

Chih-Mei Chen, et al. (2007, in Druck): Longitudinal study on cat allergen exposure and the development of allergy in young children. J Allergy Clin Immunol.
<http://www.gsf.de/neu/Aktuelles/Presse/2007/allergie-katzenhaare.php>

Cyrus, J. et al. (2004): Relationship between indoor and outdoor levels of fine particle mass, particle number concentrations and black smoke under different ventilation conditions. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology 14:275-283.

Deutsches Krebsforschungszentrum (2007, Hrsg.): Hohe Konzentration von giftigen und krebserzeugenden Stoffen durch Tabakrauchbelastung in deutschen Gastronomiebetrieben. Heidelberg
http://www.tabakkontrolle.de/pdf/AdWfP_Hohe_Konzentrationen.pdf

Eikmann, T. et al. (2006): Feinstaub im Innenraum - ein vernachlässigtes Problem bei der Risikobewertung? UmweltmedForschPrax 11(5):265-267

Ewers, U. et al. (2006): Gesundheitsgefährdungen durch Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten. - Handbuch der Arbeitsmedizin 43.Erg.Lfg. 9/06:IV-5.5, 1-8)

Fromme, H. et al. (2007): Particulate matter in the indoor air of classrooms - exploratory results from Munich and surrounding area. - Atmospheric Environ-

ment 41:854-866

Fromme, H. (2006): Partikuläre Belastungssituation in Innenräumen unter besonderer Berücksichtigung von Wohninnenräumen, Gemeinschaftseinrichtungen und Gaststätten. - Gesundheitswesen 68:714-723

GSF - Forschungszentrum (2005): Großes Netzwerk für kleine Teilchen - Aerosolforschung in der GSF. Download unter http://www.gsf.de/neu/Aktuelles/Zeitschriften/index_aerosole.php; Kostenlos zu bestellen unter: GSF-Kommunikation, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg oder per FAX: (089) 3187-3324, E-Mail: oea@gsf.de

Heinrich, J. (2005): Indoor-Outdoor-Korrelationen der Feinstaubbelastung. Vortrag gehalten auf der Feinstaubkonferenz im Dezember 2005 Berlin http://www.feinstaubkonferenz.de/downloads/J_Heinrich.pdf

Heudorf, U. (2006): Dicke Luft im Klassenzimmer? - Wege zur Verbesserung. - Präsentationsfolien. Quelle: <http://www.frankfurt.de>

Heudorf, U. (2006): Hygiene in Schulen - (k)eine Utopie? - Hessisches Ärzteblatt 10/2006:747-748

Lahrz, M. et al (2003): Gesundheitlich bedenkliche Substanzen in öffentlichen Einrichtungen in Berlin. Untersuchungen zur Innenraumluftqualität in Berliner Schulen. Bericht des Instituts für Lebensmittel, Arzneimittel und Tierseuchen. Berlin

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg (2004): Feinstaubbelastung in Innenräumen. - Umed Info 15: 31-39 <http://www.landesgesundheitsamt.de/servlet/PB/show/1194722/umedinfor%2015.pdf>

Link, B. et al. (2004): Feinstaubbelastungen und deren gesundheitliche Wirkungen bei Kindern. - Forschungsbericht FZKA-BWPLUS

Stadtgesundheitsamt Frankfurt (2006): Innenraumklima an Schulen - Feinstaubkonzentrationen in Klassenräumen in Abhängigkeit von Reinigung und Lüftung. - Frankfurt

Umweltbundesamt (2003): Leitfaden für Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden. Berlin. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/1824.pdf>

Stand:

24.04.2007

Autorin:

Ulrike Koller, GSF, FLUGS-Fachinformationsdienst

Wiss. Beratung:

Dr. Joachim Heinrich, GSF-Institut für Epidemiologie