

5. Umweltbezogener Gesundheitsschutz und Verbraucherschutz im Gesundheitswesen

5.1 Ausgewählte Schwerpunkte

5.1.1 Verhalten, Vorkommen und gesundheitliche Aspekte von Feinstäuben in Innenräumen

Aufgrund eines Beschlusses der *Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz* (LAUG) wurden die Länder Baden-Württemberg, Bayern, Berlin und Hamburg gebeten, ihre Untersuchungsergebnisse im Bereich „Exposition durch Feinstaub in Innenräumen und ihre gesundheitliche Bewertung“ zusammenzufassen.

Der *Bericht* wurde unter Beteiligung der Landesmessstelle für Gefahrstoffrecht und Innenraumlufthygiene des Instituts für Lebensmittel, Arzneimittel und Tierseuchen (ILAT) im Berliner Betrieb für Zentrale Gesundheitliche Aufgaben (BBGes) angefertigt und als erweiterter Text unter dem Titel „*Verhalten, Vorkommen und gesundheitliche Aspekte von Feinstäuben in Innenräumen*“ veröffentlicht.¹

Die im Land Berlin seit 1997/1998 durchgeführten Untersuchungen wurden durch das Landesamt für Gesundheit und Soziales (LAGeSo) *beauftragt und finanziert*.

Schwerpunkte des Berichts

Veränderte Lebens- und Arbeitsgewohnheiten haben dazu geführt, dass wir uns in Industrieländern *täglich zu über 90 Prozent in Innenräumen* aufhalten. Dabei können diese Innenräume nicht nur von ihrer Struktur sehr verschieden sein, sondern in ihnen zeigt sich auch ein sehr unterschiedliches Nutzungsmuster. Grundsätzlich müssen z. B. Wohn-, Schlaf-, Kinder-, Freizeit- und Kellerräume in Wohnungen und Häusern, Arbeitsräume und Arbeitsplätze in Gebäuden, öffentliche Gebäude mit Publikumsverkehr wie Restaurants, Pubs und Bars, aber auch Gemeinschaftseinrichtungen wie Schulen und Kindergärten sowie Räume in Kraftfahrzeugen und anderen Verkehrsmitteln unterschieden werden. Vor diesem Hintergrund wird leicht verständlich, dass auch die Schadstoffbelastungen in Innenräumen und ihre gesundheitlichen Auswirkungen sehr differenziert bewertet werden müssen.

Aufgrund ihrer Komplexität müssen, auch bezogen auf die partikuläre Belastungssituation, in Innenräumen *vielfältige Einflussfaktoren* berücksichtigt werden. Die zeitlich und räumlich sehr variablen Belastungsmuster sind dabei z. B. abhängig von der Art und Stärke der Quellen und den Senken im Raum, der Art und Intensität der Aktivitäten der Nutzer, den Lüftungsbedingungen, den physikochemischen Umwandlungsprozessen und der Hintergrundbelastung, die direkt oder indirekt von der Außenluftqualität und hier wesentlich von der meteorologischen Lage bestimmt wird. Darüber hinaus spielen die baulichen Bedingungen des Gebäudes (z. B. Dichtigkeit der Hülle) und der Räume selbst eine wichtige Rolle.

Wohninnenräume

In der wissenschaftlichen Literatur ist eine Vielzahl von Messungen zu Partikelmassen in der Innenraumluft beschrieben. Zu beachten ist dabei jedoch, dass die Ergebnisse in sehr unterschiedlichen Probenahmeorten und mit verschiedenen Probenahme- und Messmethoden ermittelt wurden, die einen Vergleich nur eingeschränkt möglich machen.

In verschiedenen Studien konnte aber eindeutig gezeigt werden, dass das Rauchen der wichtigste Einflussfaktor auf die PM-Gehalte in Innenräumen ist und in etwas *geringerem Maße auch häusliche Aktivitäten* wie z. B. Staubsaugen und Kochen oder das Abbrennen von Räucherstäbchen die Feinstaubkonzentrationen erhöhen können. In Nichtraucherinnenräumen

Rauchen ist der wichtigste Einflussfaktor auf die PM-Gehalte in Innenräumen

¹ Fromme, Hermann et al. (2007): Verhalten, Vorkommen und gesundheitliche Aspekte von Feinstäuben in Innenräumen. Schriftenreihe Materialien zur Umweltmedizin, Band 17. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Erlangen.

bewegten sich in Europa die $PM_{2,5}$ (Particulate Matter)-Gehalte im Median in den neueren Studien zwischen ca. 10 und 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10} : ca. 20 bis 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Im Vergleich mit den korrespondierenden Außenluftgehalten ergibt sich insgesamt ein vergleichbares oder gelegentlich tendenziell erhöhtes Konzentrationsniveau. Demgegenüber zeigen Innenräume, in denen geraucht wird, mit medianen Gehalten von 20 bis 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($PM_{2,5}$) deutlich höhere Gehalte. Auch diverse Studien aus den USA bzw. Asien und Australien kommen zu vergleichbaren Ergebnissen. Messungen der Partikelanzahlkonzentrationen (PNC) in Wohnräumen liegen derzeit nur begrenzt vor. Im Wesentlichen werden, bei der Abwesenheit spezifischer Innenraumquellen, Konzentrationen wie in der Außenluft beobachtet. Bei Verbrennungsprozessen in Innenräumen, wie z. B. dem Rauchen, Kochen, Backen, Frittieren und dem Abbrennen von Kerzen und Öllampen muss hingegen mit kurzfristigen Spitzenkonzentrationen gerechnet werden.

Gemeinschaftsräume in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen

Im Rahmen der kontinuierlich gemessenen Partikelmassenkonzentrationen in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen fällt auf, dass die Gehalte erheblichen Schwankungen unterliegen. Erste Untersuchungen weisen darauf hin, dass unterschiedliche Quellen und Einflüsse von Bedeutung sind. Einflussfaktoren sind z. B. das *Lüftungs- und Reinigungsverhalten*. Wesentlich für die Partikelbelastung in den Klassenräumen scheinen zudem *Aufwirbelungsphänomene* durch die Aktivitäten der Raumnutzer selbst zu sein. Auffällig ist der ausgeprägte Unterschied der Feinstaubbelastung zwischen dem Winter- und dem Sommerhalbjahr, mit deutlich *niedrigeren Gehalten im Sommer*. Hierfür scheint wesentlich das andere Lüftungsverhalten verantwortlich zu sein. Unterstützt wird diese Annahme indirekt durch den gefundenen Zusammenhang zwischen der PM_{10} -Konzentration und der Kohlendioxid-Konzentration in Klassenräumen.

Feinstaubbelastungen in Grundschulklassen deutlich höher als in Klassen weiterführender Schulen

Überraschenderweise stellt in Schulen auch die Jahrgangsstufe einen bedeutsamen Einflussfaktor auf die Feinstaubbelastung dar. Die höchsten Feinstaubbelastungen fanden sich in den Grundschulklassen, während in weiterführenden Schulen deutlich niedrigere Gehalte in den Klassenräumen vorlagen. Die Klassen unterschieden sich dabei nicht hinsichtlich Klassengröße oder Raumvolumen. Ursache für diesen Effekt könnte einerseits

die Tatsache sein, dass Grundschulklassen zunehmend „wohnlicher“, z. B. mit sog. Kuschelecken, eingerichtet werden. Zudem sind Oberflächen vielfach mit Unterrichtsmaterialien voll gestellt. Es ist zu vermuten, dass Grundschulklassen deshalb weniger gut einer gründlichen Reinigung und damit Staubentfernung zugänglich sind als die Klassen der höheren Jahrgangsstufen. Darüber hinaus ist die physische Aktivität der Kinder in den Grundschulklassenräumen höher (z. B. Spiele während des Unterrichts), was zur verstärkten Mobilisierung von Bodenpartikeln führt.

Bodenbeläge in Schulen werden auch aus hygienischen Gründen nach wie vor kontrovers diskutiert. In den bisher vorliegenden Studien ergeben sich widersprüchliche Ergebnisse, ob eine Abhängigkeit der Feinstaubgehalte in der Luft vom Bodenbelag besteht.

Büroräume

Belastungssituation in Büroräumen ist bisher nur begrenzt untersucht worden

Die partikuläre Belastungssituation in Büroräumen ist bisher nur begrenzt untersucht worden. Zudem muss berücksichtigt werden, dass oft keine genauen Daten zum Raucherverhalten gegeben werden und insbesondere in den amerikanischen Untersuchungen überwiegend Räume mit technischen Lüftungsanlagen untersucht wurden. Hinsichtlich der Partikelmasse lässt

sich vorläufig folgern, dass die Feinstaubgehalte in einer vergleichbaren Größenordnung liegen, wie sie auch in Wohnräumen gefunden werden können. Aufgrund der eingeschränkten Datenlage ist eine vergleichende Betrachtung bezüglich der Partikelanzahl nicht möglich.

Einen Sonderfall stellt der *Betrieb von Kopiergeräten und Laserdruckern in Büroarbeitsräumen* dar, von dem bekannt ist, dass auch Partikelemissionen auftreten können. Umfangreichere Untersuchungen werden hierzu derzeit durchgeführt. Ergebnisse zur PNC liegen nur sehr begrenzt vor. Im Ergebnis belegen sie, dass es während des Druckbetriebs zu einer Erhöhung der Partikelanzahl (ca. um das Doppelte) kommt, die sich aber insgesamt in einem Bereich bewegt, die auch in der Außenluft beobachtet werden kann.

Gaststätten und vergleichbare Einrichtungen

In der Innenraumluft von Restaurants, Bars, Pubs, Diskotheken und vergleichbaren öffentlichen Einrichtungen, in denen geraucht wird, lassen sich die höchsten Partikelmassengehalte und Partikelanzahlkonzentrationen von allen Innenräumen nachweisen. Mittlere Gehalte von einigen hundert $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sind in vielen Studien weltweit beschrieben. Darüber hinaus liegen mittlerweile eine ganze Anzahl an Studien vor, die nach der Einführung eines Rauchverbotes in diesen Einrichtungen einen drastischen Abfall der Feinstaubgehalte belegen. Messungen der PNC liegen für diese Innenräume bisher kaum vor. Aus den veröffentlichten zwei Studien lässt sich vorsichtig folgern, dass die PNCs in Einrichtungen, in denen geraucht wird, im Median ca. um den Faktor 10 bis 30 höher liegt als in Nichtraucher-Einrichtungen. *Aus gesundheitlicher Sicht sind die vorgenannten Konzentrationsniveaus unakzeptabel.*

Drastischer Abfall der Feinstaubgehalte nach Einführung eines Rauchverbots

Verkehrsmittellinnenräume

Insgesamt wird die Exposition in Innenräumen von Verkehrsmitteln durch vielfältige Faktoren, z. B. *Lüftung, Fahrweise, Verkehrsdichte, Bebauung und Meteorologie*, beeinflusst. Insgesamt scheinen Pkw-Insassen dabei einer höheren Belastung ausgesetzt zu sein als andere Verkehrsteilnehmer. Zu beachten sind ferner *Klimaanlagen und Filtersysteme*, die in Abhängigkeit von der Güte und dem Abscheidungsgrad maßgeblichen Einfluss auf die Gehalte in diesen sehr spezifischen Innenräumen haben können.

Insgesamt wurden in den Untersuchungen mittlere $\text{PM}_{2,5}$ -Gehalte im Bereich von 20 bis 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ beobachtet. Auch wenn bisher erst wenige Studien vorliegen, zeigen diese ein hohes Belastungsniveau bezüglich PNC in Autos und Bussen. Dies trifft insbesondere auf Fahrzeuge zu, die sich in städtischen, verkehrsreichen Gebieten bewegen.

Hohes Belastungsniveau bezüglich PNC in Autos und Bussen

Untersuchungen im Passagierbereich von *U-Bahnzügen* kommen zu dem Ergebnis, dass die Konzentrationen in diesen Transportmitteln die Gehalte in oberirdischen Verkehrsmitteln deutlich übersteigen können. Über die Quellen dieser Partikel ist kaum etwas bekannt. Möglicherweise sind die oft schlechten Lüftungsbedingungen, der Abrieb beim Fahren auf den Gleisen und Aufwirbelungen von sedimentiertem Staub von Bedeutung. Die wenigen Messungen zur Partikelanzahl zeigen keine außergewöhnliche Belastungssituation und deuten darauf hin, dass wahrscheinlich eher gröbere Partikel in diesem Innenraum vorliegen.

Schlussfolgerungen

Der EU-Grenzwert für PM_{10} in der Außenluft basiert auf *Risikoabschätzungen einer Exposition* gegenüber einer - mehr oder weniger gut definierten - physikalischen und chemischen Zusammensetzung der Außenluft. Auch wenn die Innenraumluft durch die Außenluft beeinflusst wird, zeigen sich doch deutliche Unterschiede in der physikalischen, chemischen und biologischen Zusammensetzung sowie im zeitlichen Verlauf der einzelnen Konzentrationen. Ferner sind *für den Innenraum Expositionsspitzen typisch.*

Eine abschließende Risikobewertung von Feinstäuben in der Innenraumluft ist derzeit nicht möglich

Ohne eine genauere Kenntnis der quantitativen und qualitativen Feinstaubbelastung in Innenräumen sind *mögliche Zusammenhänge zwischen der Feinstaubbelastung im Innenraum und in der Außenluft* nicht interpretierbar. Die alleinige Betrachtung der Exposition gegenüber Feinstaub in der Außenluft ist hinsichtlich möglicher Gesundheitseffekte nicht befriedigend. Sowohl aus ersten toxikologischen als auch epidemiologischen

Untersuchungen lässt sich folgern, dass Feinstäube aus Außenluftquellen sowohl quantitativ als auch *qualitativ andere gesundheitliche Wirkungen* aufweisen als solche, die im Innenraum generiert werden. Allerdings muss betont werden, dass die wissenschaftlichen Kenntnisse in diesem Bereich noch große Lücken aufweisen und Forschungsaktivitäten notwendig sind. Eine fundierte und abschließende Risikobewertung von Feinstäuben in der Innenraumluft ist vor diesem Hintergrund derzeit nicht möglich. Auch eine direkte Übertragung des PM₁₀-Grenzwertes der EU für die Außenluft auf Innenräume ist daher in keinem Fall möglich.

Ergänzende Anmerkung: Auch die Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes (IRK) stellt fest, dass erhöhte Feinstaubkonzentrationen in Innenräumen hygienisch unerwünscht sind, ohne dass damit bereits eine konkrete Aussage zum Gesundheitsrisiko verbunden ist. Eine *Verringerung der Staubkonzentrationen der Luft dient damit der Vorsorge vor vermeidbaren gesundheitlichen Belastungen*.