

## Verunreinigungen der Raumluft

J. Schlatter

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

Da der moderne Mensch sich bis zu 90% der Zeit in *Innenräumen* aufhält, ist die Raumluftqualität besonders wichtig. Im Normalfall sind heute die Schadstoffkonzentrationen in Innenräumen meistens höher und vielfältiger als etwa in der Aussenluft. Im Folgenden sollen die Quellen der wichtigsten Raumluftverunreinigungen aufgezeigt und deren gesundheitlichen Aspekte beleuchtet werden.

Die *Gefährlichkeit* eines Stoffes für den Menschen hängt nicht allein von der Art des betrachteten Stoffes ab, sondern vor allem von der *Dosis*: Die *Raumluftkonzentration* eines Schadstoffes und die *Expositionszeit* des Menschen entscheiden darüber, ob gesundheitliche Folgen auftreten oder nicht. Deshalb ist eine blosser Aufzählung von giftigen Stoffen in der Raumluft ohne eine Gewichtung der verschiedenen Möglichkeiten der Exposition des Menschen sinnlos.

Eine erste potentielle Gefahrensituation tritt bei der Anwendung von solchen toxischen Stoffen auf. Durch die Abgabe von Stoffen an die Raumluft kann der Raumbenutzer betroffen sein – oder Lebensmittel können kontaminiert werden. Eine letzte mögliche Gefahrensituation tritt auf bei der Beseitigung von Materialien (Abbruch, Renovation). Mögliche *Quellen* von Schadstoffen in der Raumluft sind neben der Aussenluft der Mensch (Kohlendioxid, Gerüche, Tabakrauch), Baustoffe, Möbelausstattungen, das Verbrennen von Gas zum Heizen und Kochen sowie die Anwendung von Haushaltprodukten [1, 2].

### Belastung der Raumluft durch feste Inneneinrichtungen

Eine Gesamtbeurteilung der möglichen Schadstoffe, deren Quellen und Folgen auf die Gesundheit zeigt, dass heute insbesondere die Abgabe von Schadstoffen durch feste Inneneinrichtungen vermehrt zu beachten ist. Solche Quellen führen zu einer kontinuierlichen Exposition des Menschen. Die Raumluftkonzentration stellt im wesentlichen ein Gleichgewicht zwischen *Emission* (Quellstärke) und dem *Luftwechsel* (Dichtigkeit der Gebäudehülle) dar (Beispiel Formaldehyd). Der Luftwechsel eines Raumes wird seinerseits bestimmt durch die Gebäudestruktur (Dichtigkeit), die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Aussen sowie die Windverhältnisse. Luftschadstoffe, welche durch eine *Quellenbeseitigung* eliminiert werden können, sollten nicht durch Lüftungstechnische Massnahmen auf ein erträgliches Niveau gebracht werden, sondern durch *Begrenzung* der Emissionen. Zu dieser Gruppe von Stoffen gehören organische Lösungsmittel (Teppichleim, Farbanstriche) und Inhaltsstoffe von Holzschutzmitteln.

Ein in letzter Zeit viel diskutierter Stoff ist *Formaldehyd* aus Spanplatten und Formaldehyd-Harnstoffisola-

tionen. Die Geruchsschwelle ist sehr tief (etwa 0.1 ppm in der Atemluft). Reizwirkungen auf die Augen können bei empfindlichen Personen bereits ab 0.2 ppm auftreten, Konzentrationen von 2–5 ppm lösen Hustenanfälle aus. Anlass für Kontroversen um diese Substanz ist jedoch nicht ihre Reizwirkung, sondern die Tatsache, dass Formaldehyd beim Versuchstier kanzerogen wirkt [3, 4]. Die Frage einer möglichen kanzerogenen Wirkung beim Menschen wird verschiedentlich verneint [5], sie ist aber nicht mit Sicherheit auszuschliessen, da der Nachweis einer kanzerogenen Wirkung beim Menschen in einem tiefen Dosisbereich äusserst schwierig ist.

Die Gleichgewichtskonzentration von Formaldehyd, die sich in einem Raum durch Ausgasung aus Spanplatten einstellt, wird neben der Plattenqualität durch den Luftwechsel des Raumes und durch die Quellstärke bestimmt. Letztere wird durch die Raumtemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit beeinflusst. In Neubauten wurden Konzentrationen von Formaldehyd gemessen, die ein Mehrfaches des in der Schweiz geltenden Grenzwertes (0.2 ppm) betragen und selbst nach einem Jahr noch erhöht waren [6]. In Anbetracht dieser Situation ist es von grosser Bedeutung, dass durch die Verwendung emissionsarmer Spanplatten die Formaldehyd-Konzentrationen in Innenräumen so gering als möglich gehalten werden können. Ein Ausweichen auf andere Stoffe ist nur dann zu befürworten, wenn diese ebensogut oder besser untersucht und toxikologisch unbedenklicher sind.

Ebenfalls in diese Gruppe von Stoffen gehört *Radon* und seine Zerfallsprodukte, welche insbesondere in Einfamilienhäusern zu beachten sind. Radon und seine «Töchter» sind für einen erheblichen Teil der natürlichen Strahlenbelastung des Menschen verantwortlich (siehe Beitrag von W. Burkart in dieser Nummer). Ein weiterer Stoff dieser Gruppe ist *Asbest*, welcher lange Zeit in Innenräumen wegen seiner günstigen chemisch-physikalischen Eigenschaften verwendet wurde (Brandschutz). Da Asbest jedoch eindeutig beim Menschen kanzerogen wirkt, sollte auf eine Anwendung in Innenräumen verzichtet werden.

### Belastung der Raumluft durch individuelle Tätigkeiten

Im Gegensatz zu den Belastungen durch feste Inneneinrichtungen sind die Belastungen durch individuelle Tätigkeiten vom Verhalten des einzelnen Raumbenutzers abhängig. Hier stehen weniger langandauernde Gleichgewichtskonzentrationen eines Schadstoffes in der Raumluft im Vordergrund, dafür jedoch kurzzeitige Spitzenkonzentrationen, die durch eine bessere Gebäudeabdichtung erhöht werden können. Verunreinigungen, die sich *nicht vermeiden lassen*, sind durch gezieltes Lüften zu beseitigen. Dies ist auch zur Elimination des durch den Menschen abgegebenen Kohlendioxids sowie von *Gerüchen* notwendig. Als Richtwert für eine noch zumutbare Luftqualität gilt eine Kohlendioxidkonzentration in der Raumluft von

0.15% [7]. Durch eine ausreichende Lüftung muss auch eine zu hohe Luftfeuchtigkeit (Schwitzen, Kochen, Waschen, Duschen) verhindert werden. Bei Werten von über 55–60% relativer Feuchte können Kondensationen auftreten. Eine Folge davon sind Schäden an Materialien sowie das Wachstum von Pilzen und Milben, die wiederum Ursache von Allergien sein können.

Besonderer Beachtung bedarf die Luftqualität in Küchen mit Gasherden. Hier ist eine gute Lüftung besonders wichtig. Durch die hohen Brenntemperaturen entstehen Stickoxide, deren Konzentration bei ungenügender Lüftung ein Mehrfaches des für die Aussenluft gültigen Immissionsgrenzwertes betragen können [8]. Stickoxide stehen in einem ursächlichen Zusammenhang mit Atemwegserkrankungen sowie einer Verschlechterung der Lungenfunktion [9].

In Wohn- und Büroräumen ist der Tabakrauch die häufigste Raumluftverunreinigung [10]. Akuteffekte dieses komplexen Schadstoffgemisches sind gut untersucht. Belästigungen und Reizwirkungen stehen bei gesunden Nichtrauchern im Vordergrund. Bei gewissen Kranken konnte auch eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes beobachtet werden. Chronische Auswirkungen des «Passivrauchens» treten offenbar besonders bei Kindern und Kranken auf (Verschlechterung der Lungenfunktion, Zunahme der Häufigkeit von Atemwegserkrankungen). In letzter Zeit mehren sich Berichte über einen möglichen Zusammenhang zwischen Passivrauchen und Lungenkrebs.

#### Zusammenfassung

Verunreinigungen der Raumluft sind heute besonders zu beachten, da infolge verbesserter Abdichtung der Gebäudehülle zur Einsparung von Heizenergie die Zufuhr von Frischluft reduziert und dadurch die Luftqualität verschlechtert wird. Die häufigsten Verunreinigungen sind Tabakrauch, das radioaktive Edelgas Radon aus kristallinem Untergrund, Formaldehyd von Inneneinrichtungen und Isolationsmaterialien, Stickoxide vom Heizen und Kochen mit Gas sowie Lösungsmittel, die zum Reinigen verwendet werden. Gesundheitliche Gefährdungen entstehen vor allem durch Tabakrauch und durch Schadstoffe, die kontinuierlich von Inneneinrichtungen abgegeben werden. Diese Belastungen sind durch Begrenzung der Emissionen zu verhindern. Die Frischluftzufuhr zur Beseitigung der vom Menschen und seinen Aktivitäten stammenden Belastungen richtet sich nach der jeweiligen Belegung und Nutzung des Raumes. Sie sollte so bemessen sein, dass der Kohlendioxidgehalt 1500 ppm nicht übersteigt.

#### Résumé

La viciation de l'air des locaux habités doit faire l'objet d'une attention particulière, car en raison de la meilleure isolation des maisons visant à économiser l'énergie calorifique, l'apport d'air frais est diminué et la qualité de l'air en est réduite. Les nuisances les plus

courantes sont occasionnées par la fumée du tabac, radon, le gaz radioactif d'une couche cristalline, le formaldéhyde contenu dans les revêtements intérieurs et les matières isolantes, l'oxide d'azote des chauffages domestiques et des cuisinières à gaz, ainsi que les dissolvants des produits de nettoyage. Les dangers menaçant la santé proviennent avant tout de la fumée du tabac ainsi que des substances nocives qui sont émises de manière continue par les revêtements intérieurs. Ces charges doivent être évitées par la limitation des émissions. Afin d'éliminer les nuisances dues à l'être humain et à ses activités, un minimum d'aération est nécessaire, celle-ci dépendant du revêtement et du degré d'utilisation de la pièce en question. L'aération devrait être mesurée de manière à ce que la teneur en dioxyde de carbone ne dépasse pas 1500 ppm.

#### Summary

In the last decade the significance of indoor air pollution to human health has increased because of improved thermal insulation of buildings to save energy: air turnover is reduced and air quality is impaired. The most frequent air pollutants are tobacco smoke, radioactive radon gas emanating from the soil, formaldehyde from furniture and insulation material, nitrogen oxides from gasstoves, as well as solvents from cleaning agents. The most important pollutants leading to health hazards are tobacco smoke and air pollutants which are emitted continuously from building materials and furniture. Such pollutants have to be eliminated by reducing the emission rate. A fresh air supply is necessary to reduce the pollutants resulting from the inhabitants and their activities, the amount depending on the number of inhabitants and the usage of the room. The carbon dioxide level should not exceed 1500 ppm.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Sexton K., Letz R. and Spengler D. Estimating human exposure to nitrogen dioxide: an indoor/outdoor modelling approach. *Environ Res* 1983; 32: 151–166.
- [2] Yocom J.E. Indoor-outdoor air quality relationships. A critical review. *JAPCA* 1982; 32: 500–520.
- [3] Bernstein R.S., Stayner L.T., Elliott L.J. Kimbrough R., Falk H. and Blade L. Inhalation exposure to formaldehyde: an overview of its toxicology, epidemiology, monitoring and control. *Am. J. Hyg. Assoc. J.* 1984; 45: 778–785.
- [4] Swenberg J.A., Barrow C.S., Boreiko C.J., Heck H.d'A., Levine R.J., Morgan K.T. and Starr T.B. Non-linear biological responses to formaldehyde and their implications for carcinogenic risk assessment. *Carcinogenesis* 1983; 4: 945–952.
- [5] Formaldehyd. Ein gemeinsamer Bericht des Bundesgesundheitsamtes, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und des Umweltbundesamtes. Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit, Berlin (1984).
- [6] Kuhn M. und Wanner H.U. Verunreinigungen der Raumluft durch Materialien. *ARCUS* 1983; 6: 286–289.
- [7] Wanner H.U. Belastung der Raumluft durch den Menschen und die Inneneinrichtung. *Atemw-Lungenkrkh* 1985; 11: 96–99.
- [8] Glözl E. Gasfeuerstellen in Innenräumen. *Atemw-Lungenkrkh* 1985; 11: 116–118.
- [9] Jones J.R., Higgins I.T.T., Higgins M.W. and Keller J.B.: Effect of cooking fuels on lung function in nonsmoking women. *Arch Environ Health* 1983; 38: 219–222.
- [10] Schlatter J. und Wanner H.U. Raumluftverunreinigungen durch Tabakrauch. *Soz & Präventivmed* 1985; 30: 270–271.