

nismen gegenüber. Dabei genügt es nicht, diese Noxen am Mann zu quantifizieren, folgen muss eine Erfassung der biologischen bzw. biochemischen Reaktionen des betreffenden Individuums bezüglich Inkorporation, Speicherung, Ausscheidung und Metabolisierung von Chemikalien, bzw. Reaktionen auf physikalische Noxen oder Infektionen, sowie eine medizinisch-klinische und medizinisch-labortechnische Abklärung. Nur so ist sinnvolle präventive Arbeitsmedizin möglich.

#### Résumé

##### L'importance du monitoring biologique dans le monitoring chez l'homme exposé aux produits chimiques

Le monitoring chez l'homme est appliqué non seulement aux personnes exposées aux produits chimiques, mais partout où l'environnement professionnel peut être source de dommage, que ce dommage soit provoqué par des nuisances physiques ou par l'exposition à des micro-organismes. Il ne suffit pas de quantifier extérieurement ces causes nocives; cette quantification doit être suivie d'une étude des réactions biologiques ou biochimiques de l'individu en ce qui concerne l'incorporation, l'accumulation, l'élimination et la métabolisation des produits chimiques, les réactions à des nuisances physiques ou bien des infections, ainsi que d'un examen clinique et de tests de laboratoire. La médecine préventive du travail ne se conçoit efficacement que dans ces conditions.

#### Summary

##### The Importance of the Biological Monitoring in the Man Monitoring of the Chemical Industry

Man Monitoring is used not only in people exposed to chemicals, but also everywhere where the working environment may prove harm-

ful, including for example exposure to physical noxae and microorganisms. In doing so it is not sufficient to quantify these noxae externally: the person affected must undergo examination of biological and biochemical reactions in respect of absorption, storage, elimination and metabolic breakdown by chemicals, and reactions by physical noxae or infections, plus clinical and laboratory investigations. This is the only possible way of practising useful preventive occupational medicine.

#### Literatur

- [1] Küng, H. L., Man Monitoring in der Arbeitshygiene, *Chimia* 32, H. 12, 506–510 (1978).
- [2] Küng, H. L., Man Monitoring beim Umgang mit Carcinogenen, Bericht über die 19. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e. V., 317–320 (1979).
- [3] Küng, H. L., und Schenk, L., Arbeitshygienisches Erfassungssystem von Risikofaktoren am Mann, Bericht über das 6. Internationale Kolloquium für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten in der chemischen Industrie, IVSS, 249–267 (1979).
- [4] Küng, H. L., Hygiene in Working Areas, The MAK value and its significance, Symposium of EIPC, 12. Juni 1980.
- [5] Küng, H. L., Man Monitoring in Occupational Medicine, 3rd International Symposium EFCE, 16. September 1980.
- [6] Küng, H. L., Man Monitoring in der Arbeitshygiene, *Swiss Chem* 3a (1981).
- [7] Suva; Zulässige Werte am Arbeitsplatz (1980).
- [8] Schaller, K. H., und Valentin, H., Biologische Arbeitsstoff-Toleranzwerte (BAT), *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Präventivmedizin* 15, H. 12, 777–787 (1980).

## Raumluftqualität und Lüftung

G. Huber und H. U. Wanner

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie<sup>1</sup>

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

### 1. Einleitung

Rauchende Kaminschlote und qualmende Auspuffrohre halten uns täglich vor Augen, dass unsere Umgebungsluft mit Stoffen belastet wird, die durch die Atmung in unseren Körper gelangen können. Da der Mensch jedoch im Durchschnitt 60–70% seiner Zeit in geschlossenen Räumen verbringt, sind es nicht nur diese sichtbaren Verunreinigungen der Aussenluft, die unsere Gesundheit gefährden, sondern auch Schadstoffe, wie sie im Wohnbereich und am Arbeitsplatz durch verschiedene Quellen an die Umgebungsluft abgegeben werden.

Bei den in den letzten Jahren stark geförderten Energiesparmassnahmen wird den sogenannten Lüftungswärmeverlusten vermehrt Beachtung geschenkt. In diesem Zusammenhang drängt sich eine genauere Untersuchung der Raumluftqualität immer mehr auf. Verbesserte Abdichtung von Fenster- und Türritzen sowie eine Reduktion des Betriebs allfällig vorhande-

ner künstlicher Belüftungsanlagen haben dazu geführt, dass der Luftaustausch und folglich auch die Frischluftzufuhr teilweise erheblich verkleinert worden sind. Aus hygienischer Sicht stellt sich die Frage, welche Auswirkungen diese Massnahmen auf die Raumluftqualität ausüben: Gibt es eine minimale Frischluftzufuhr, die gewährleistet sein muss, um den hygienischen Anforderungen an die Raumluft Genüge zu leisten?

In der vorliegenden Arbeit werden zunächst in einer Übersicht die wichtigsten Quellen von verunreinigenden Stoffen der Raumluft aufgezeigt. In einem zweiten Teil werden die Möglichkeiten zur Erfassung raumluftbelastender Substanzen, die durch die Anwesenheit von Menschen in einem Raum entstehen, erörtert (Kohlendioxid und Gerüche). Anhand von eigenen Untersuchungen wird eine Empfehlung für minimale Frischluftmengen vorgeschlagen.

### 2. Der Mensch als Quelle von Luftverunreinigungen

Als Quellen von Schadstoffen, die die Raumluft am Wohn- und Arbeitsplatz belasten, sind zwei Gruppen zu unterscheiden [1]:

<sup>1</sup> Direktor: Prof. Dr. med. Grandjean

Verunreinigungen aus der Aussenluft, die durch natürlichen oder künstlichen Luftaustausch ins Rauminnere gelangen, hängen stark vom Standort des Gebäudes ab. Die wichtigsten Quellen, die auch zu Belastungen der Raumluft führen können, sind Strassen mit grosser Verkehrsdichte, Hausfeuerungen und Industriebetriebe.

Die Belastung der Luft durch Schadstoffquellen im Raum selbst hängt stark von der Ausstattung und der Nutzung des Raumes ab. Dabei sind insbesondere Desorptionsprodukte neuartiger Baumaterialien – vor allem ihre Langzeitwirkung bei der täglichen Exposition – zu beachten [1].

Der Einfluss auf die Raumqualität durch den Menschen selbst beschränkt sich nicht nur auf Tätigkeiten wie Rauchen oder Kochen. Je nach Art seiner Aktivitäten wird die Luftqualität durch die Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, die Kohlendioxidkonzentration, die Ausdünstungen sowie durch den Keim- und Partikelgehalt (durch Abschuppung der Haut) beeinflusst. Je nach Anzahl Personen im Raum bzw. Raumvolumen, das pro Person zur Verfügung steht, sowie der Menge an zugeführter Frischluft werden diese Parameter mehr oder weniger stark beeinflusst.

Die Belastung der Raumluft durch den Menschen wird subjektiv am besten durch die entstehenden Gerüche, objektiv am einfachsten durch den Kohlendioxidgehalt beurteilt. In der Aussenluft beträgt der Kohlendioxidgehalt 0,03–0,04 %; in Städten sowie in Industriegebieten kann er bis auf das Doppelte ansteigen. Für Wohn- und Aufenthaltsräume wird in europäischen Ländern ein Richtwert von maximal 0,1 % (sogenannte Pettenkofer-Zahl), teilweise auch 0,15 % empfohlen [3, 4]. In den USA wird auch für Wohn- und Aufenthaltsräume der heute allgemein gültige MAK-Wert von 0,5 % angewendet [5]; zurzeit steht eine Herabsetzung dieser Limite auf 0,25 % zur Diskussion [6].

### 3. Methoden zur Bestimmung von Kohlendioxid und Gerüchen

Im Mittelpunkt der im folgenden beschriebenen Untersuchungen über die Raumluftqualität stehen die vom Menschen stammenden Belastungen durch Kohlendioxid und durch Gerüche.

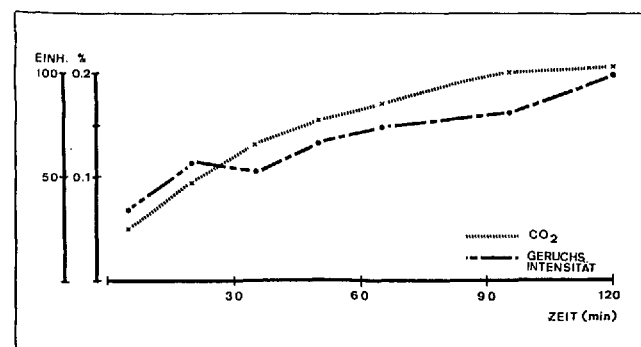
Kohlendioxid kann mittels einer physikalischen Gasanalyse im infraroten Bereich quantitativ erfasst werden. Die Bestimmung der Geruchsbelastung erfolgt auf sensorische Art: Speziell ausgewählte Testpersonen beurteilen an einer sogenannten Geruchsintensitätsmessapparatur (GIMA [7]) die momentane Geruchssituation. Dabei wird die empfundene Geruchsintensität von Probeluft aus einem Testraum mit der empfundene Geruchsintensität einer genau bekannten Konzentration eines Pyridin-Referenzgeruches verglichen. Sogenannte Belästigungsschwellen geben Auskunft, ab welcher wahrgenommenen Geruchsintensität ein Geruch als störend empfunden wird.

### 4. Untersuchungen bei standardisierten Bedingungen

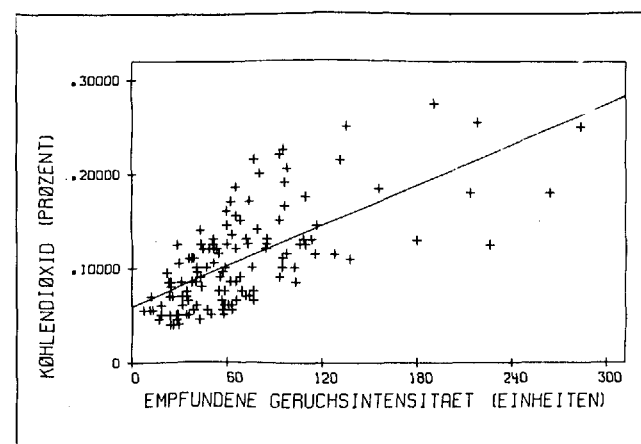
In einer Testkammer von 3×4×2,5 m (30 m<sup>3</sup>) Volumen wurden 21 Versuche mit folgender Veränderung der Variablen durchgeführt:

- Tätigkeit der Personen: Ruhe, Fahrradergometer (etwa 250 Watt)
- Anzahl Personen: 1, 2 oder 4 (Raum pro Person 30, 15 bzw. 7,5 m<sup>3</sup>)
- Luftwechselrate pro Stunde: 0,1, 0,2, 0,8 oder 1,6

Die Versuche dauerten jeweils 2 Stunden (mit dem Fahrradergometer jeweils 45 Minuten). Die Raumluft wurde alle 15 Minuten bezüglich Geruchsintensität beurteilt. Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Kohlendioxidgehalt wurden kontinuierlich registriert. *Abbildung 1* zeigt den zeitlichen Verlauf von Kohlendioxidkonzentration und empfundener Geruchsintensität. Die festgestellte Korrelation zwischen Kohlendioxid und Geruchsintensität für alle 21 Versuchsdurchgänge ist in *Abbildung 2* dargestellt.



*Abb. 1. Zeitlicher Verlauf der Kohlendioxidkonzentration und der empfundenen Geruchsintensität während eines zweistündigen Versuches. Die Beurteilung der Geruchsintensität erfolgte in der ersten Stunde alle 15 Minuten, dann alle 30 Minuten. Versuchsbedingungen: 4 sitzende Personen in einem Raum von 30 m<sup>3</sup> bei einer Luftwechselrate von 0,8 (entsprechend 6 m<sup>3</sup> Frischluft pro Person und Stunde).*



*Abb. 2. Zusammenhang zwischen dem Kohlendioxidgehalt (in Prozent) und der empfundenen Geruchsintensität (100 Einheiten entsprechen einem Pyridin-Referenzgeruch von 365 ppb), Korrelationskoeffizient  $r = 0,67$ . Versuch in einer Klimakammer mit unterschiedlichen Belegungen und Luftwechselraten.*

## 5. Schlussfolgerungen

Bei der Empfehlung von minimalen Lüftungsraten sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Raumnutzung
- Raumvolumen pro Person
- Tätigkeit der Personen

Anhand der Resultate aus der vorgestellten Untersuchung kann die Folgerung gezogen werden, dass in Räumen, in denen nicht geraucht wird, bei einem Raumvolumen von durchschnittlich 12–15 m<sup>3</sup>/Person ab einem Kohlendioxidgehalt (CO<sub>2</sub>) von über 0,15 % mit einer erhöhten Belästigung durch Gerüche zu rechnen ist. Die Limite von 0,15 % CO<sub>2</sub> kann für Räume, in denen nur leichte körperliche Arbeit geleistet wird, bei einer Frischluftzufuhr (CO<sub>2</sub>-Gehalt 0,03–0,04 %) von 15 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person eingehalten werden.

Für Räume, in denen geraucht wird, hat die hier gefundene Beziehung zwischen CO<sub>2</sub> und empfundener Geruchsintensität jedoch keine Geltung. Um in solchen Räumen eine einwandfreie Luftqualität zu gewährleisten, ist mit einem etwa doppelt so hohen Frischluftbedarf zu rechnen [8].

### Zusammenfassung

In einer Klimakammer wurden Kohlendioxid und Geruchsintensität in Abhängigkeit der Belegung und der Lüftungsrate gemessen. Bei einer Frischluftzufuhr von 12–15 m<sup>3</sup> pro Person und Stunde blieb der Kohlendioxidgehalt unter 0,15 %, und die Geruchsintensität wurde höchstens als «schwache Belästigung» beurteilt. Höhere Luftwechselraten sind notwendig bei körperlicher Aktivität sowie in Räumen, in denen geraucht wird.

### Résumé

#### Qualité de l'air et ventilation

Dans une chambre climatisée, on a mesuré le dioxyde de carbone et l'intensité des odeurs en fonction du nombre de personnes présentes

et du taux de ventilation. Avec des quantités d'air frais compris entre 12 et 15 m<sup>3</sup> par personne et par heure, la teneur en dioxyde de carbone restait inférieure à 0,15 % et l'intensité des odeurs était jugée tout au plus comme représentant une «faible gêne». Des taux de ventilation plus élevés sont nécessaires lors d'activités physiques ainsi que dans des pièces où l'on fume.

### Summary

#### Air Quality and Ventilation

In a test chamber of 30 m<sup>3</sup> the air pollutants caused by man were measured. Variables were: number of persons and their activities and the rate of the air change. During test sessions of two hours the temperature, the relative humidity, the carbon dioxide and the intensity of odors were measured. There was a significant correlation between the odor intensities and the concentrations of carbon dioxide—independent of the number of persons and the air change rate. At air change rates of 12–15 m<sup>3</sup> per person and per hour, the carbon dioxide concentration was not higher than 0.15 % and the odor intensity was evaluated only as a slight annoyance. Further experiments were performed with physical activity and smoking.

### Literatur

- [1] Wanner, H. U., Luftqualität in Wohn- und Arbeitsräumen, Sozial- und Präventivmedizin 25, 328–333 (1980).
- [2] Brunner, A., Russenberger, H. J., und Wanner, H. U., Keim- und Partikelstreuung in Abhängigkeit der Tätigkeit und Bekleidung, Chemische Rundschau 30, 7–10 (1977).
- [3] Borneff, J., Hygiene (Thieme Verlag, Stuttgart 1974), 320.
- [4] Rigos, E., CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Klassenzimmer, Umschau 81, 172–174 (1981).
- [5] ASHRAE Standard 62-73R, Draft Revision, The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., New York 1980, 38.
- [6] Turiel, I., et al., Automatic Variable Ventilation Control Systems Based on Air Quality Detection, LBL-8893, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, 1979, 2.
- [7] Huber, G., Hangartner, M., und Gierer, R., Sensorische Geruchsmessung, Sozial- und Präventivmedizin 26 (1981); im Druck.
- [8] Weber, A., Passivrauchen, Luftqualität und Massnahmen, Sozial- und Präventivmedizin 26 (1981); im Druck.

# Sensorische Geruchsmessung

G. Huber, M. Hangartner und R. Gierer

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie<sup>1</sup>, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, ETH-Zentrum, 8092 Zürich

## 1. Einleitung

Gerüche spielen in der Umwelt deshalb eine grosse Rolle, da sie mit dem Sensorium «Nase» unmittelbar wahrgenommen werden können und dem Menschen somit als Gradmesser für Luftverunreinigungen dienen. Schon seit längerer Zeit stellte sich die Frage nach der objektiven Erfassung und Bewertung geruchsförmiger Luftverunreinigungen. Offensichtlich stellen Gerüche keine Stoffkonstanten dar, sondern beinhalten

eine «Wirkung», indem die Geruchswahrnehmung im Hirn interpretiert und aufgrund früherer Erfahrungswerte bewertet wird. So ist es naheliegend, für die Charakterisierung eines Geruches sensorische Methoden – das heisst Methoden unter Zuhilfenahme der menschlichen Nase – heranzuziehen, da auch analytische Konzentrationsangaben von Geruchsstoffen einen Wirkungsbezug brauchen.

Ein Geruch kann unter folgenden vier Aspekten betrachtet werden:

- Auffälligkeit oder Wahrnehmbarkeit
- überschwellige Intensität

<sup>1</sup> Direktor: Prof. Dr. med. Grandjean