

# Messung des Kohlendioxidgehaltes in der Raumluft zur Regelung des Frischluftbedarfes

Ivo Fecker, Hans Urs Wanner

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

## Einleitung und Fragestellung

Eine wichtige und auch wirksame Energiesparmassnahme ist die Reduktion von Lüftungswärmeverlusten. Dies kann durch verbesserte Abdichtungen sowie durch Einschränkung des Betriebes von Ventilationsanlagen erreicht werden. Infolge der dadurch bedingten reduzierten Frischluftzufuhr wird jedoch die Raumluftqualität verschlechtert.

Aus hygienischer Sicht sind an die Raumluftqualität die folgenden Anforderungen zu stellen (1):

- keine Anreicherung von Schadstoffen, um die Gesundheit nicht zu gefährden,
- keine Belästigung durch Gerüche, um den Komfortansprüchen zu genügen,
- keine zu hohe oder zu tiefe Luftfeuchtigkeit, um Materialschäden zu vermeiden.

Dabei stellt sich die Frage nach den minimalen Frischluftmengen, die diesen Anforderungen bei möglichst niedrigen Lüftungswärmeverlusten genügen. Von besonderem Interesse zur Regelung der Frischluftzufuhr sind die Beziehungen zwischen Kohlendioxidgehalt (CO<sub>2</sub>), Temperatur (T), und Geruchsimmissionen (GI). In dieser Untersuchung sollen diese Beziehungen ermittelt werden; ferner soll auch überprüft werden, ob durch kontinuierliche Messung des Kohlendioxidgehaltes der Raumluft die Frischluftzufuhr geregelt werden kann.

## Durchführung der Untersuchungen

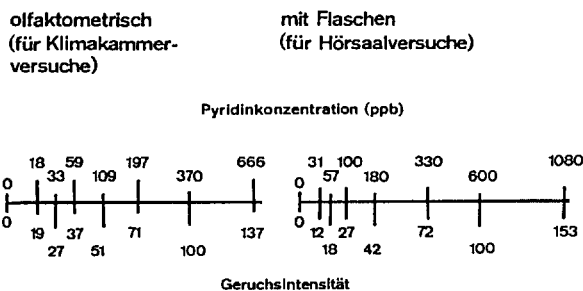
In einer Klimakammer und in einem Hörsaal wurden Versuche mit folgenden Parametern durchgeführt:

	Klimakammer	Hörsaal
Raumgrösse	30m <sup>3</sup>	900m <sup>3</sup>
Luftwechselrate	0.2 h <sup>-1</sup>	variabel
Versuchsdauer	120 Min.	105 Min.
kontinuierlich erfasste Grössen	Temperatur (T) Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) Luftfeuchtigkeit (F)	
Personen im Raum	2-4	21-115
Befragung	alle 30 Min.	am Schluss der Vorlesung
Personen ausserhalb	4	6-10
Befragung	alle 30 Min.	nach 15, 60, 105 Min.
Bestimmung der Geruchsimmission	olfaktometrisch	mit Flaschen

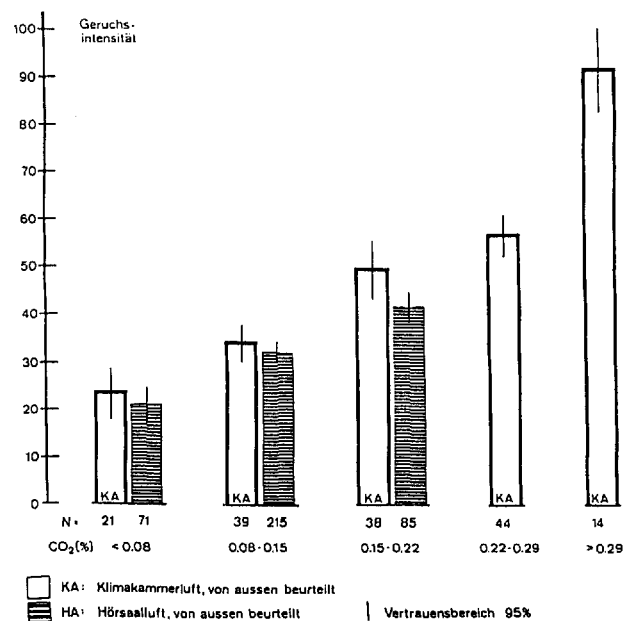
Die subjektiv empfundene Geruchsintensität lässt sich durch die Potenzfunktion von Stevens beschreiben (2):  $R = a \cdot S^b$ ; dabei bedeuten:

- R = subjektiv empfundene Geruchsintensität
- a = dimensionsabhängige Konstante
- S = Geruchsstoffkonzentration
- b = substanzspezifischer Exponent

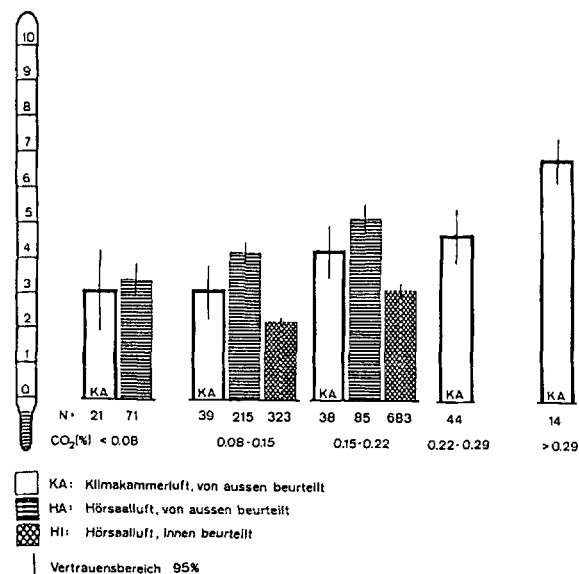
In einem vorausgegangenen Experiment wurden den Versuchspersonen fünf verschieden starke Pyridingerüche in zufälliger Reihenfolge angeboten. Einmal wurden die Gerüche mit einem Olfaktometer produziert, einmal dienten dazu Flaschen. Die Konzentration eines Geruches betrug immer das 1.8-fache des nächstschwächeren Geruches in der Reihe. Die Versuchsteilnehmer drückten die subjektiv empfundenen Intensitäten der einzelnen Gerüche in beliebigen Zahlen aus. Aus den experimentell gefundenen Exponenten  $b = 0.54$  (olfaktometrische Bestimmung) und  $b = 0.72$  (mit Flaschen) wurden folgende, normierte Geruchsintensitätsskalen aufgebaut:



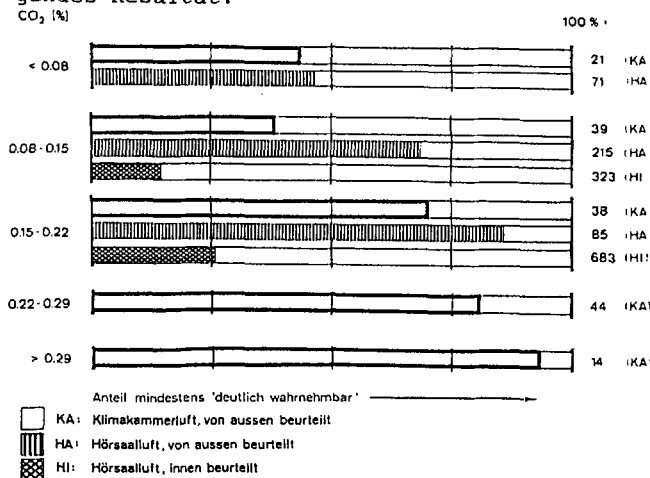
Um die Geruchsimmissionen der Raumluft beurteilen zu können, wurde diese aus dem Raum abgesaugt und den Versuchspersonen zur Beurteilung angeboten. Beim Geruchsintensitätsvergleich der Raumluft mit denjenigen Pyridinkonzentrationen, aus denen die normierten Skalen aufgebaut wurden, ergaben sich folgende Geruchsintensitäten in Abhängigkeit der Kohlendioxidkonzentration:



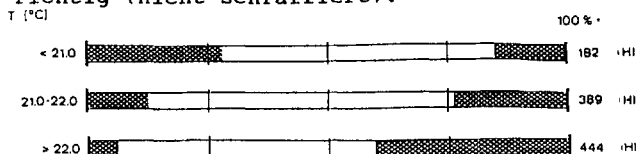
Neben der Geruchsintensität, die nur die Personen ausserhalb des Raumes bestimmten, beurteilten auch die Personen innerhalb die Raumluftqualität auf einem "Geruchsmess-thermometer". Auf diesem kreuzten die Versuchsteilnehmer an, wie stark sie durch einen Geruch im Raum gestört wurden. Die Marke 0 bedeutete: absolut keine Störung, die Marke 10: unerträglich starke Störung. Die Beurteilung in Abhängigkeit der Kohlendioxidkonzentration waren die folgenden:



Wie die folgende Abbildung zeigt, ergaben sich deutliche Unterschiede in der Beurteilung der subjektiv empfundenen Raumluftqualität zwischen den Personen innerhalb und ausserhalb des Raumes, sowie in Abhängigkeit des Kohlendioxidgehaltes. Die Frage nach der Wahrnehmbarkeit des Raumgeruches ergab folgendes Resultat:



Interessant ist auch die subjektive Temperaturempfindung der Personen im Hörsaal, bezogen auf die effektiv gemessene Temperatur. Auf der linken und rechten Seite (schriffiert) ist der prozentuale Anteil derjenigen, welche die Temperatur als zu kalt bzw. als zu warm beurteilten. Bei allen drei Temperaturbereichen empfanden etwa 50-60 % der Personen die Temperatur als gerade richtig (nicht schriffiert).



Schlussfolgerungen

Zwischen dem Kohlendioxidgehalt der Raumluft und den subjektiv empfundenen, durch den Menschen verursachten Geruchsimmissionen besteht ein deutlicher Zusammenhang. Sind neben den sich im Raum aufhaltenden Menschen keine anderen Quellen von Gerüchen und von Kohlendioxid vorhanden, so kann die Frischluftzufuhr durch eine kontinuierliche Messung des Kohlendioxidgehaltes geregelt werden. Wie in einer früheren Untersuchung (3) hat sich gezeigt, dass die Luftqualität bis zu einem Kohlendioxidgehalt von 0.15 % mehrheitlich als akzeptabel beurteilt wird.

Zusammenfassung

Messung des Kohlendioxidgehaltes in der Raumluft zur Regelung des Frischluftbedarfes  
Zur Einsparung von Energie bzw. Lüftungswärmeverlusten ist eine optimale Regelung der Frischluftzufuhr erforderlich. Die Fragestellungen der im Rahmen eines IEA-Projektes durchgeführten Untersuchungen lauteten wie folgt: Welche Beziehungen bestehen zwischen Kohlendioxid, Temperatur und Geruchsimmissionen? Kann in klimatisierten Räumen die erforderliche Frischluftzufuhr mittels kontinuierlicher Messung des Kohlendioxidgehaltes oder der Temperatur geregelt werden? Dazu wurden Messungen in einer Klimakammer bei standardisierten Bedingungen und in einem Hörsaal durchgeführt.

Summary

Measurement of carbon dioxide of the indoor air to control the fresh air supply  
In order to save energy, i.e. ventilation heat losses, a very good regulation of the fresh air supply is necessary. The following questions have been arisen from an IEA project: Is there any relation between carbon dioxide, the rise of temperature and odour immissions? Is it possible to regulate the necessary amount of fresh air in conditioned rooms by measuring continuously the concentration of carbon dioxide and the temperature? Measurements have been carried out in a climatic chamber and in a lecture theater.

Résumé

Détermination du dioxyde de carbone dans l'air ambiant pour couvrir le besoin d'air frais  
Afin d'économiser l'énergie, respectivement la perte de chaleur dû à la ventilation, une solution optimale est nécessaire pour régler l'apport d'air frais. Dans le cadre d'un projet IEA les questions ont été formulées comme suit: Quels sont les relations entre le dioxyde de carbone, la hausse de la température et les immissions d'odeurs? Est-ce que l'apport d'air frais dans des pièces climatisées peut être réglée en déterminant continuellement le contenu du dioxyde de carbone ou la température? Des prélèvements ont été pris dans une chambre de climatisation dans des conditions standardisées et dans un auditoire.

Literatur

- H.U. Wanner: Luftqualität in Innenräumen. Schweizerische Ärztezeitung 66 (1985), 314-317.
- S.S. Stevens: Handbook of Experimental Psychology. Wiley, New York (1951).
- G. Huber und H.U. Wanner: Raumluftqualität und minimale Lüftungsraten. Gesundheits-Ingenieur 103 (1982), 207-210.