



Doctoral Thesis

**Bedarfsgeregelte Lüftung in Räumen verschiedener Nutzung und Belegung
raumklimatische und lufthygienische Untersuchungen
in Büroräumen, Hörsälen, Wohnungen und einem
Restaurationsbetrieb**

Author(s):

Fehlmann, Jürg

Publication Date:

1992

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000642154> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 9680

**BEDARFSGEREDELTE LÜFTUNG IN RÄUMEN
VERSCHIEDENER NUTZUNG UND BELEGUNG**

Raumklimatische und lufthygienische Untersuchungen in Büroräumen,
Hörsälen, Wohnungen und einem Restaurationsbetrieb

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
JÜRIG FEHLMANN
Dipl. Natw. ETH
geboren am 28. Februar 1961
von Olten (SO) und Menziken (AG)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. sc. nat. H. U. Wanner, Referent
Prof. Dr. sc. techn. P. Suter, Korreferent
Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. H. Krueger, Korreferent

1992

ZUSAMMENFASSUNG

Die aus energetischen Gründen erwünschte und aufgrund des Standes der heutigen Bautechnik auch erreichte hohe Dichtheit der Gebäudehüllen kann zu raumklimatischen und lufthygienischen Problemen führen.

In einem einleitenden Kapitel werden die Anforderungen an die Umgebung bezüglich Komfort und Hygiene erläutert und für die wichtigsten Messgrößen die in Normen festgelegten Grenzwerte aufgeführt.

Für die Messung der verschiedenen raumklimatischen und lufthygienischen Parameter wurde das dazu benötigte **Messinstrumentarium** bereitgestellt. Für die vollautomatische Datenerfassung und -aufbereitung wurde ein portabler Personal Computer mit einem 47-Kanal AD-Wandler und der dazugehörenden eigens entwickelten Software ausgerüstet.

Messungen in verschiedenen **Bürogebäuden mit verschiedenen Typen von Lüftungsanlagen** haben ergeben, dass mit diesen, ein behagliches Raumklima und eine ausreichende Luftqualität gewährleistet werden kann. Innerhalb des Aufenthaltsbereiches stiegen die CO_2 -Konzentrationen nie über 1000 ppm und die Medianwerte (50 %-Wert) nie über 750 ppm. Die Raumlufttemperaturen lagen im allgemeinen eher an der oberen Behaglichkeitsgrenze. Die Quelllüftung erscheint als ein für die Zukunft vielversprechendes Lüftungssystem, da mit minimalen Aussenluftmengen im Aufenthaltsbereich eine ausreichende Luftqualität gewährleistet werden kann.

Raumklimatische und lufthygienische Untersuchungen in einem mit einer **Quelllüftung** ausgerüsteten **Restaurationsbetrieb** haben ergeben, dass die Lüftung ebenfalls in der Lage ist, ein behagliches Raumklima und eine ausreichende Luftqualität zu gewährleisten. An verschiedenen Messstellen wurden ferner Messungen des Luftkeimgehaltes bei verschiedenen Betriebszuständen der Lüftungsanlage und des Restaurationsbetriebes ausgeführt. Diese Messungen haben ergeben, dass es durch die Art und Weise der Luftführung der installierten Quelllüftung zu keinem Anstieg des Luftkeimgehaltes kommt. Ein Anstieg des Luftkeimgehaltes wird vielmehr durch die im Raume stattfindenden Bewegungen der Gäste und des Personals verursacht und ist nicht auf die Quelllüftung zurückzuführen.

In **Räumen mit stark variabler Belegung** kann die Lüftungsanlage bedarfsgeregt, das heisst anhand der lufthygienischen Erfordernisse im Raum gesteuert werden. Bei diversen Befragungen in Hörsälen betreffend der raumklimatischen und lufthygienischen Parameter bei gleichzeitiger Messung der CO_2 -Konzentrationen konnte festgestellt werden, dass zwischen dem CO_2 -Gehalt der Raumluft und der Beurteilung der Luftqualität durch die Rauminnsassen ein enger Zusammenhang besteht. Zwischen der in Hörsälen gemessenen CO_2 -Konzentration und der Beurteilung der Luftqualität durch die Rauminnsassen als akzeptabel resp. nicht akzeptabel wurde ein Korrelationskoeffizient 0.77 gefunden. Ebenfalls eine deutliche Korrelationen ergab die Beurteilung der Intensität und des Belästigungspotentials durch den durch die Rauminnsassen feststellbaren Geruch und der gleichzeitig gemessenen CO_2 -Konzentration. Die in einem Raum gemessene CO_2 -Konzentration kann also als **Indikator für die Luftqualität** verwendet werden.

Diese Erkenntnisse wurden dazu verwendet, um die **Lüftungsanlage eines Hörsaales** anhand der im Raum gemessenen CO_2 -Konzentration - **bedarfsgeregelt** - zu steuern. Durch die CO_2 -Steuerung der Lüftungsanlage konnten im Sommer 80 % und im Winter rund 34 % der gesamten durch die Lüftung verbrauchten elektrischen sowie Heiz- und Kühlenergie eingespart werden. Die Laufzeiten der Anlage verringerten sich um 75 % resp. 67 %, dies zudem bei einer wesentlich geringeren beförderten Luftmenge. Die Luftqualität verringerte sich bei gleichzeitiger Eliminierung der vermeidbaren rauminternen Geruchsquellen (z.B. unnötige Verwendung von Putzmittel zur Wandtafelreinigung) nur unwesentlich.

In **Gebäuden**, die in den letzten 15 - 20 Jahren erbaut oder wärmetechnisch saniert wurden und über **keine raumlufttechnische Anlage** verfügen, wurden bei geschlossenen Fenstern Luftwechsel zwischen 0.01 h^{-1} und 0.5 h^{-1} gemessen, wobei die meisten Messungen um 0.1 h^{-1} und darunter lagen. In **Schlafräumen** wurden in solchen Gebäuden bei geschlossenen Fenstern und Türen CO_2 -Konzentrationen bis zu 4300 ppm gemessen, wobei die 1500 ppm - Grenze meistens überschritten wurde. Simulationsrechnungen und diverse Messungen bei verschiedenen Türstellungen und gleichzeitig geschlossenen Fenstern haben ergeben, dass bei einer um mehr als 10 cm geöffneten Schlafzimmertüre und bei einem minimalen Luftwechsel in der ganzen Wohnung von 0.1 h^{-1} , eine CO_2 -Konzentration von 1500 ppm auch nach 10 Stunden Schlaf nicht oder nur unwesentlich überschritten wird. Untersuchungen in einem mit einer Quelllüftung ausgestatteten Wohnhaus haben ergeben, dass sowohl die Luftqualität als auch die raumklimatischen Parameter im optimalen Bereich lagen.

SUMMARY

Because of energy saving measures and because of the high quality of modern building materials themselves, buildings have become increasingly air-tight. This can lead to problems with the indoor climate and indoor air quality.

The requirements for comfort and hygiene were explained and the threshold values for the most important parameters were given in an introducing chapter.

An equipment for measurements of mostly all parameters of indoor climate and indoor air quality was put together and a compact system for data acquisition and data evaluation was developed.

Measurements in **different office buildings** with **different ventilation systems** showed that these were normally able to create a comfortable indoor climate and a sufficient indoor air quality. Within the occupied zone the carbon dioxide concentrations never exceeded 1000 ppm and the median values never exceeded 750 ppm. The room air temperatures were at the upper limit of the comfort range. As a minimal external air exchange produces a good indoor air quality in occupied areas, displacement ventilation (Quelllüftung) seems to provide a very promising future system.

Measurements of indoor climate and indoor air quality in a **restaurant with displacement ventilation** showed that the system was able to create a comfortable indoor climate with sufficient indoor air quality. The displacement ventilation did not cause any increase of the micro-organism content in the room air. The results showed rather that

the movements of the guests and the service personnel was the principle cause of increases in the micro-organism load of the room air.

In areas with very variable occupancy the ventilation system can be demand regulated (DCV: Demand Controlled Ventilation), that means, regulated by air quality requirements. Questionnaire investigations on room climate and air quality in auditoriums, coupled with measurements of carbon dioxide levels, showed that a close correlation exists between judgements of air quality and CO₂ levels.

The results were used to **regulate the ventilation system of an auditorium according to the CO₂ concentration**. It could be shown that the carbon dioxide controlled DCV-system consumes 80 % less energy in the summer and 34 % less energy in the winter than the conventional system installed in the auditorium. If all the avoidable sources of odour in the room were eliminated (e.g. cleaning solvents for cleaning the blackboard) the indoor air quality would not substantially decrease and would remain within the acceptable range.

In **residential buildings** built without any mechanical ventilation or completely retrofitted within the last 15 to 20 years air change rates from 0.01 h⁻¹ to 0.5 h⁻¹ were measured whereby most measures were less than 0.1 h⁻¹. With closed windows and doors carbon dioxide concentrations of up to 4300 ppm were measured in the master bedrooms. The 1500 ppm limit was exceeded in most cases. It could be shown that if the bedroom door was opened more than 10 cm the indoor air quality remained acceptable even with closed windows and a natural ventilation rate of 0.1 h⁻¹ or more in the dwelling. Investigations in a single-family house with displacement ventilation showed that all the parameters of indoor climate and air quality were in the optimal range.