



Verbesserung der Raumlufthqualität und Reduzierung der benötigten Wärmeenergie von Klassenräumen durch Einsatz einer Miefampel

Kontakt:

MB – Systemtechnik
Oberdorfstraße 19

D-52072 Aachen

www.mb-systemtechnik.de
info@mb-systemtechnik.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	3
2.	Grundlagen.....	4
	2.1. Zusammensetzung der Raumluft und Verunreinigungen.....	4
	2.1.1. Organische Verbindungen.....	5
	2.1.2. Bioeffluenzen.....	5
	2.1.3. Kohlendioxid.....	5
	2.2. Beurteilung der Raumluftqualität (Prozentzahl Unzufriedener).....	6
	2.3. Beurteilung der Raumluftqualität (Erlebte Luftqualität).....	6
3.	Verbesserung der Luftqualität durch Einsatz einer Miefampel.....	7
	3.1. Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität.....	7
	3.2. Einteilung der Raumluftqualität.....	8
	3.3. Maximale Schadstoffemissionen.....	9
	3.4. Anzeigen der Miefampel.....	10
4.	Einsatz der Miefampel in der Praxis.....	11
	4.1. Versuch in der Käthe Kollwitz Schule/ Aachen.....	11
	4.1.1. Versuchsbeschreibung.....	11
	4.1.2. Ergebnisse.....	12
	4.2. Versuch in der Gesamtschule Brand/ Aachen.....	13
	4.2.1. Versuchsbeschreibung.....	13
	4.2.2. Ergebnisse.....	13
5.	Fazit und Kontakt.....	15

1. Einleitung

Das Gebiet der Raumluftqualität hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung zugenommen. Da die Raumluftqualität im direkten Zusammenhang mit der Behaglichkeit und der Gesundheit des Menschen und seiner Produktivität steht, wurden mehrere Untersuchungen zu den Ursachen mangelnder Raumluftqualität durchgeführt. Festgestellt wurde, dass in vielen Gebäuden neben dem Menschen auch andere, weitaus stärkere Quellen für Raumluftverunreinigung existieren können. Zu den Hauptverursachern von Luftverunreinigung in Schulgebäuden zählen Emissionen aus Baumaterialien, Einrichtungs- bzw. Ausstattungsgegenständen und aus Reinigungs- und Pflegemitteln. Auch Ausgasen von Materialien beim Werkunterricht, Freisetzen von Gasen und Dämpfen beim Chemieunterricht und von Kochdünsten aus Lehrküchen sind möglich.

Will man Luftverunreinigungen mit minimalem Energieeinsatz aus dem Gebäude bzw. Klassenraum abführen, sollte vor allem in Gebäuden mit häufig wechselnden Luftbelastungen eine Bedarfsgeregelte Lüftung installiert werden. Voraussetzung für eine Bedarfsgeregelte Lüftung ist allerdings, dass die Änderung der Raumluftqualität erkannt wird. Gegenüber einer auf fest vorgegebenen Lüftungsraten basierenden Lüftungsstrategie kann auf die Weise der Energieeinsatz unter Berücksichtigung einer guten Raumluftqualität erheblich reduziert werden.

2. Grundlagen

2.1. Zusammensetzung der Raumlufte und Verunreinigungen

Reine Luft besteht mit nahezu konstanten Konzentrationen aus Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid und einer Reihe von Edelgasen. Diese Zusammensetzung ändert sich an der Erdoberfläche örtlich und zeitlich nur sehr wenig.

Gas	Zeichen	Volumen in %
Sauerstoff	O ₂	20,93000%
Stickstoff	N ₂	78,10000%
Argon	Ar	0,93250%
Kohlendioxid	CO ₂	0,03000%
Wasserstoff	H ₂	0,01000%
Neon	Ne	0,00180%
Helium	He	0,00050%
Krypton	Kr	0,00010%
Xenon	Xe	0,00009%

Abb. 1: Zusammensetzung trockener reiner Luft

Die gebräuchlichsten Parameter zur Beurteilung der durch den Menschen verursachten Belastungen der Raumlufte sind das Kohlendioxid aus der Atemluft sowie die Gerüche, die so genannten Bioeffluenzen.

Eine hohe CO₂-Konzentration ist zwar ein Indikator für vom Menschen verursachte Geruchsbelastung, ein niedriger CO₂-Gehalt hat jedoch keine Aussagekraft über die tatsächliche Qualität der Raumlufte. Das Ziel daher ist, alle Stoffe die die Luftqualität beeinflussen zu erfassen. Diese Erfassung ist nur mit so genannten Mischgassensoren möglich, sie können neben CO₂ auch die oben beschriebenen Luftverunreinigungen (organische Verbindungen, Bioeffluenzen, Tabakrauch, Kohlenmonoxid, etc) messen.

2.1.1. Organische Verbindungen

Sie werden in Abhängigkeit von ihrem Siedepunkt in sehr leicht flüchtige (VVOC), leicht flüchtige (VOC) und schwer flüchtige organische Verbindungen (SVOC) eingeteilt. Einige unter ihnen werden als hochgiftig und krebserregend eingestuft. Aufgrund seines breiten Einsatzes in Bau- und Einrichtungsmaterialien und in Reinigungs- und Körperpflegemitteln ist das Formaldehyd eines der häufigsten auftretenden Substanzen dieser Gruppe.

2.1.2. Bioeffluenzen

Als Bioeffluenzen werden die Stoffwechselprodukte des Menschen bezeichnet, die von seinem Körper an die Raumluft abgegeben werden. Sie bestehen hauptsächlich aus Wasser, Kohlendioxid und organischen Substanzen. Für die Intensität der menschlichen Geruchsabgabe sind die organischen Substanzen verantwortlich, da sie entweder einen Eigengeruch besitzen oder das Ausgangsprodukt für Abbaureaktionen zu stark riechenden Substanzen darstellen.

2.1.3. Kohlendioxid

Legt man die von Pettenkoffer verwendete Definition für Luftverunreinigungen zugrunde, muss im Zuge dieser Diskussion auch das Kohlendioxid betrachtet werden, da es als Stoffwechselprodukt vom Menschen permanent ausgeatmet wird und es somit in Innenräumen zu einem Anstieg der Konzentration kommt. Je nach Aktivitätsgrad werde vom Menschen zwischen 12 (Ruhe) und 150 (Sport) Liter CO₂/Stunde produziert. Mit einem Anteil von 350 ppm ist es ein normaler Bestandteil der Luft. Unterhalb von 5000 ppm (MAK-Wert) sind beim Menschen keine durch CO₂ hervorgerufenen Gesundheitsbeeinträchtigungen zu erwarten.

2.2. Beurteilung der Raumlufthqualität (Prozentzahl Unzufriedener)

Nimmt man das menschliche Empfinden als wesentlichen Maßstab zur Bewertung der Raumlufthqualität, dann lässt sich daraus ableiten, dass der Anteil der Unzufriedenen in einem Kollektiv von Raumnutzern ein Maß für die Qualität der Raumlufth darstellt. Als Kurzbezeichnung für den Anteil Unzufriedener wurde international „PD“ eingeführt als Abkürzung für Percentage Dissatisfied. (deutsch: Prozentzahl Unzufriedener). Als Unzufriedene gelten dabei diejenigen Personen, die bei Betreten eines Raumes die Luft als nicht akzeptabel empfinden. Untersuchungen haben ergeben, dass die Abhängigkeit der Prozentzahl Unzufriedener mit der personenbezogenen Außenluftrate im Zusammenhang steht.

In vielen gut gelüfteten Gebäuden mit geringer Verunreinigungslast liegt die Empfundene Luftqualität unter 15% Unzufriedener. Räume mit schlechter Lüftung und großen Verunreinigungslasten können eine empfundene Luftqualität bis zu 60% Unzufriedene aufweisen.

2.3. Beurteilung der Raumlufthqualität (Erlebte Luftqualität)

Zwei weitere Maßeinheiten zur Beurteilung der vorgefundenen Luftqualität sind die Größen olf und decipol.

Die Maßeinheit olf wurde in den 80ziger Jahren von Prof. Fanger an der TU Dänemark definiert. Demnach ist 1 olf die Luftverschmutzung die durch eine Normperson verursacht wird. Ein Teppich z.B. hat einen olf-Wert von 2, wenn er die gleiche Unzufriedenheit mit der Luftqualität bewirkt, wie die Ausdünstungen von zwei Normpersonen.

Die Maßeinheit pol meist als Maßeinheit decipol verwendet ist definiert als die empfundene Luftqualität in einem Raum mit einer Verunreinigungslast von 1 olf und einer Lüftung mit einem Volumenstrom 10l/ s.

3. Verbesserung der Luftqualität durch Einsatz einer Miefampel

3.1. Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität

Voraussetzung zur Verbesserung der Luftqualität ist eine qualitative und quantitative Messung der Inhaltstoffe der Raumluft. Hierbei ist es unzureichend nur die CO₂-Konzentration zu messen, sondern es müssen auch alle anderen Komponenten bei der Raumluftmessung berücksichtigt werden. Dies ist möglich durch den Einsatz von einem sogenannten Mischgassensor, wie er in der Miefampel zum Einsatz kommt.

Die Miefampel ist ein Gerät was die Luftqualität überwacht und anhand von Leuchtdioden eine Bewertung der Raumluftqualität wieder gibt. Er dient dazu die Luftqualität zu überwachen und somit das Lüftungsverhalten auf die Raumluftverschmutzung anzupassen. Folglich lässt sich damit die Raumluftqualität auf einem konstant guten Niveau halten. Gleichzeitig bleibt die Zeit einer Lüftungsperiode möglichst gering, da nur solange gelüftet werden muss bis die Anzeige wieder im grünen Bereich ist. Dadurch werden auch die Energiekosten (Heizkosten) durchschnittlich um 20 - 70% gesenkt.

3.2. Einteilung der Raumluftqualität

Hohe Raumluftqualität:	<15%	Unzufriedene Personen [PD]
	<1d _{pol}	Erlebte Luftqualität [decipol]
	<800ppm	CO ₂ - Gehalt [parts per million]
Mittlere Raumluftqualität:	15-20%	Unzufriedene Personen [PD]
	1,0 - 1,4d _{pol}	Erlebte Luftqualität [decipol]
	800 - 1000ppm	CO ₂ - Gehalt [parts per million]
Akzeptable Raumluftqualität:	20-30%	Unzufriedene Personen [PD]
	1,4 - 2,5d _{pol}	Erlebte Luftqualität [decipol]
	1000 - 1500ppm	CO ₂ - Gehalt [parts per million]
Niedrige Raumluftqualität:	>30%	Unzufriedene Personen [PD]
	>2,5d _{pol}	Erlebte Luftqualität [decipol]
	>1500ppm	CO ₂ - Gehalt [parts per million]

Quelle: Klassifikation von Raumluftqualität (IDA) nach CEN EN13779, 2003, Ventilation for non residential buildings

3.3. Maximale Schadstoffemissionen

Es gibt einige wichtige Grenzwerte für Schadstoffemissionen in der Luft für CO₂ und CO:






CO₂:

MAK - Wert (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)	Max: 5000ppm
Pettenkoffer (Untersuchungen der Raumlufqualität)	Max: 1000ppm
Gesundheitliche Schäden	Ab: 15000ppm
unter 25% PD (Prozentzahl Unzufriedener)	Max: 1000ppm
Auftreten von Müdigkeit (Umweltbundesamt)	Ab: 2000ppm
Richtlinie für Schulräume (Umweltbundesamt)	Max: 1500ppm
Richtlinie für Schulräume in den USA	Max: 1000ppm

CO:

MAK - Wert (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)	Max: 30 ppm
--	-------------

3.4. Anzeigen der Miefampel

-  3. Rote LED (Niedrige Raumlufqualität)
-  2. Rote LED (Niedrige Raumlufqualität)
-  1. Rote LED (Niedrige Raumlufqualität)
-  2. Gelbe LED (Akzeptable Raumlufqualität)
-  1. Gelbe LED (Mittlere Raumlufqualität)
-  2. Grüne LED (Hohe Raumlufqualität)
-  1. Grüne LED (Hohe Raumlufqualität)

Die Miefampel ist so programmiert, dass beim Aufleuchten der 1. gelben LED ein CO₂ - Gehalt von ca.1000ppm und ein CO - Gehalt (Summe oxidierbarer Stoffe) von ca. 4ppm in der Raumluf enthalten sind. Somit sollte darauf geachtet werden, dass ausschließlich die beiden grünen LED's aufleuchten. Bei Erreichen der ersten bzw. der zweiten gelben LED sollte mit dem Lüften begonnen werden. Die Lüftungsperiode sollte solange anhalten bis nur noch die grünen LED's leuchten.

4. Einsatz der Miefampel in der Praxis

Es wurden insgesamt zwei Feldversuche der Miefampel in der Praxis durchgeführt. Der erste Versuch wurde in der Käthe Kollwitz Schule in Aachen realisiert. Dieser Versuch sollte die Wärmemengenreduzierung eines Klassenraumes zeigen, der durch Angaben der Miefampel kontrolliert gelüftet worden ist.

Der zweite Versuch wurde in der Gesamtschule Brand in Aachen durchgeführt. Bei diesem Versuch sollte die Verbesserung der Raumluftqualität näher untersucht werden.

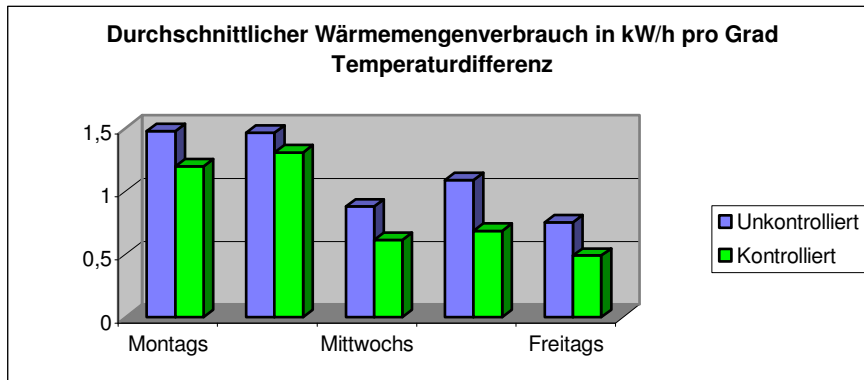
4.1. Versuch in der Käthe Kollwitz Schule/ Aachen

4.1.1. Versuchsbeschreibung

In der Käthe Kollwitz Schule der Stadt Aachen wurde die Miefampel im Praxisversuch daraufhin getestet, welchen Einfluss die Miefampel auf die benötigte Wärmeenergie hat. Hierfür wurde ein Klassenraum genutzt, der über einen separaten Wärmemengenzähler verfügt. Der Versuch wurde über 4 Wochen durchgeführt, wobei in den ersten zwei Wochen die Wärmemenge mit herkömmlichem Lüftungsverhalten gemessen wurde und in den letzten beiden Wochen die verbrauchte Wärmemenge des Klassenraumes unter kontrolliertem Lüftungsverhalten gemessen wurde.

4.1.2. Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass eine Einsparung der Wärmeenergie gegeben ist. Es wurde die Wärmemenge gemessen die täglich in der Differenz von Außentemperatur und Innentemperatur benötigt wurde.



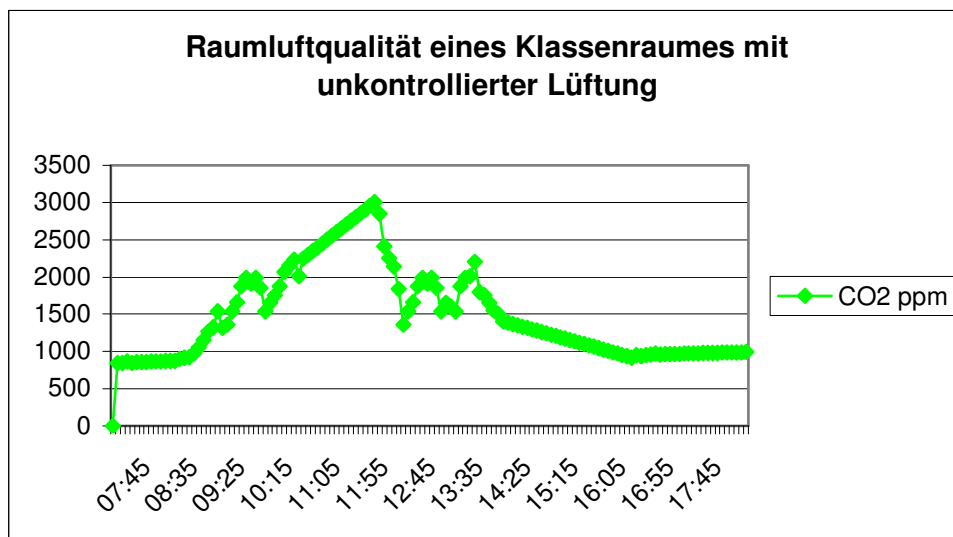
In dem Diagramm sieht man deutlich, dass bei kontrollierter Lüftung mit einer Miefampel der Wärmemengenverbrauch unter dem Wärmemengenverbrauch liegt der durch herkömmliches Lüftungsverhalten zu erwarten ist. Dies resultiert aus dem Verhalten des Nutzers, der zumeist ein gekipptes Fenster einer Stoßlüftung vorzieht. Aus Energietechnischer Sicht hingegen ist eine Stoßlüftung wesentlich ökonomischer. Der Wert der sich durch eine Miefampel einsparen lässt beträgt, wie in der Grafik zu sehen ist, durchschnittlich 10-20%. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist natürlich nicht nur die eingesparte Wärmemenge, sondern eine kontinuierlich gute Luftqualität. In Kapitel 4.2. wird nochmals auf die Auswirkungen der verbesserten Luftqualität in der Praxis eingegangen.

4.2. Versuch in der Gesamtschule Brand/ Aachen

4.2.1. Versuchsbeschreibung

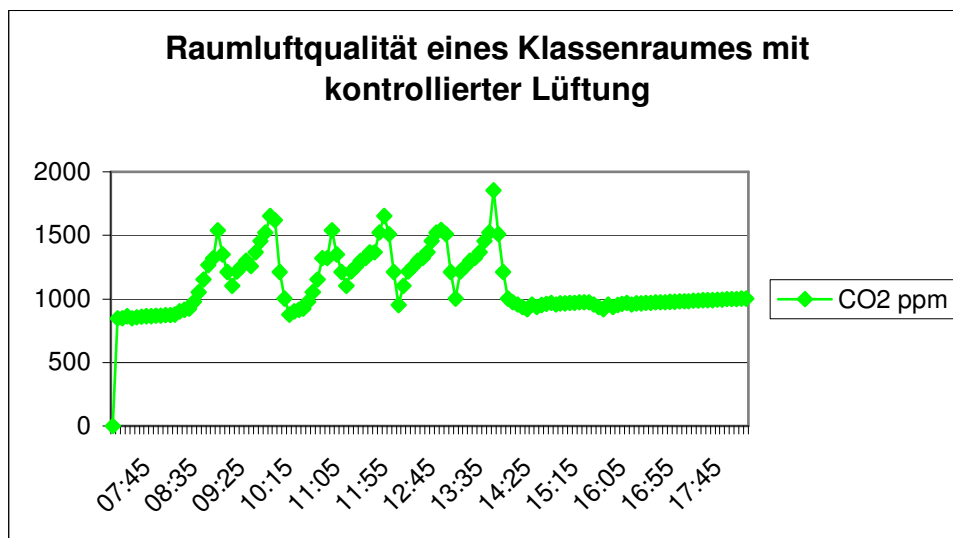
In der Gesamtschule Brand in Aachen wurde die Miefampel hinsichtlich der verbesserten Raumluftqualität im Klassenraum überprüft. Hierbei wurde 2 Wochen bei herkömmlichen Lüftungsverhalten die Raumluftqualität gemessen. Danach wurde 2 Wochen lang mit Hilfe einer Miefampel das Lüftungsverhalten kontrolliert und dabei die Luftqualität gemessen.

4.2.2. Ergebnisse



Das Diagramm zeigt deutlich einen typischen Verlauf der Raumluftqualität in einem Klassenraum. Als Grundlage der Beurteilung der Raumluftqualität wurde der CO₂-Wert als Basis genommen. An dem oben dargestellten Verlauf sieht man deutlich die Verschlechterung der Raumluftqualität mit Beginn des Unterrichts um 8:00h. Um 8:00h liegt der CO₂-Wert noch auf dem Wert von ca. 800ppm, was der Außenluft entspricht. Bis 9:30h liegt ein monotoner Anstieg bis zur einer Marke von 2000ppm vor, dies entspricht schon 40% über dem vorgegebenen Wert von 1500ppm CO₂. Erst in der ersten Pause um 9:30h geht der Wert durch Lüften auf 1500ppm zurück. In den folgenden beiden Schulstunden steigt der Wert kontinuierlich auf einen Wert von 3000ppm, was das Doppelte des vorgeschriebenen Wertes bedeutet und wo spürbare Müdigkeitserscheinungen auftreten. Erst in der Mittagspause geht der Wert durch Lüften wieder auf einen Wert von 1500ppm zurück. Auf dieses Lüftungsverhalten wurde keinerlei Einfluss genommen.

Das nächste Diagramm zeigt den Verlauf der Raumluftqualität bei kontrollierter Lüftung mittels einer Miefampel.



In dem Diagramm sieht man das während des gesamten Tages eine gute Raumluftqualität vorliegt. Immer wenn ein bestimmter Wert überschritten wird, wird der Benutzer aufgefordert die Fenster zum Stoßlüften zu öffnen. Sobald wieder eine sehr gute Raumluftqualität vorliegt können die Fenster wieder geschlossen werden. So wird garantiert das immer eine sehr gut bis akzeptable Raumluftqualität vorliegt.

5. Fazit und Kontakt

Erzielbare Vorteile durch Einsatz einer Miefampel:

- **erhöhte Aufmerksamkeit durch eine optimale Raumluftqualität**
- **Verbesserung der allgemeinen Behaglichkeit und der Gesundheit des Menschen**
- **Senkung der Energiekosten um 10 bis 20% durch bedarfsoptimale Lüftung**

Kontakt:

MB – Systemtechnik Aachen

Herr Borgstedt

info@mb-systemtechnik.de

www.mb-systemtechnik.de