

**Forschungsgesellschaft
für angewandte
Systemsicherheit und
Arbeitsmedizin**



**Einfluß der Zuluftführung
auf die Konzentration ver-
schiedener Schadstoffe im
Arbeitsbereich von
Küchengeräten**

F-01-9501

Andrejs, B., Huber, J., Neumann, P., Schmeja, B.

Fa. Kessler und Luch, Gießen

Fa. Wimböck, Reit im Winkel

Mannheim 1997



Inhalt

	Seite
1. Einleitung	3
2. Versuchsbeschreibung	4
3. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	4
3.1 Versuchsküche und Lüftungssysteme	4
3.2 Kochvorgänge	7
3.3 Klimamessungen	8
3.4 Messung luftfremder Stoffe	8
4. Ergebnisse	9
4.1 Schadstoffe	9
4.2 Klima	13
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	14
6. Literatur	14

- Anlage** Foto 1: Rauchdarstellung Mischlüftung (Schlitzauslässe Decke)
Foto 2: Rauchdarstellung Schichtlüftung (induktionsarme Luftauslässe Boden)

1. Einleitung

Beim Erhitzen von Lebensmitteln entsteht eine Vielzahl flüchtiger Reaktionsprodukte. Beim Grillen und Braten wurden bis zu 200 Verbindungen nachgewiesen, die aus dem Bratgut und dem Bratfett entstehen.

Es gilt als gesichert, dass es sich dabei auch um gesundheitsschädliche Stoffe handeln kann /1, 2/. Art und Menge dieser Stoffe hängen vor allem vom Fettgehalt des erhitzten Lebensmittels und der Temperatur ab.

Die entstehenden Zersetzungsprodukte liegen sowohl als Gas, Dampf und als Aerosol vor /3/. Bereits im Wasserdampf werden Stoffe mit chemisch-irritativer Wirkung nachgewiesen /4/.

Toxikologisch bedeutsame Inhaltsstoffe der Küchendämpfe sind solche mit chemisch-irritativen, krebserzeugenden und mutagenen Eigenschaften.

Zur ersten Gruppe zählen insbesondere die kurzkettigen Aldehyde (Formaldehyd, Acrolein, Acetaldehyd, tr-2 Hexenal /5/), die zum Teil auch mutagene Eigenschaften besitzen /6/.

Neben akuten Reizerscheinungen, insbesondere an den Schleimhäuten können bei längerfristiger Exposition irreversible Schäden auftreten.

Die Mutagenität der Aerosole, also der feinverteilten flüssigen oder festen Partikel in den Küchendämpfen wurde durch verschiedene Autoren belegt /7, 8, 9/.

Eine eindeutige Zuordnung zu bestimmten chemischen Verbindungen scheidet bisher an der Komplexität des vorliegenden Gemisches. Stoffe mit nachgewiesener krebserzeugender Wirkung treten beim Zusammentreffen mehrerer Faktoren in ungünstigen Fällen auf. So können z.B. Nitrosamine beim Grillen von gepökeltem Fleisch und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe beim Verbrennen bzw. Erhitzen von Lebensmitteln über 250 °C gebildet werden.

Zur Beurteilung von Arbeitsplätzen werden MAK und TRK - Werte herangezogen /10/. Bei Schadstoffgemischen ist der Summenindex aller bewertbarer Einzelkomponenten zu bilden, bzw. eine Risikoabschätzung von toxikologisch- arbeitsmedizinisch nicht bewerteten Stoffen anhand von Vergleichen mit Homologen vorzunehmen.

In Küchen können Grenzwerte einzelner Stoffe oder ihre Gesamtkonzentration bei ungünstiger Luftführung überschritten werden.

Erkrankungen der Atemwege können die Folge sein. In diesem Zusammenhang interessant ist, dass nach der Statistik der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten die Zahl der auf Verdacht angezeigten obstruktiven Atemwegserkrankungen im Gastgewerbe in den letzten Jahren auf mehr als 100 Fälle pro Jahr angestiegen ist.

2. Versuchsbeschreibung

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, verschiedene Zuluftführungen hinsichtlich der Beeinflussung der Schadstoffkonzentration in Arbeitsbereichen zu untersuchen und zu vergleichen. Die Untersuchungen selbst wurden in einer Versuchsküche der Wimböck F+E Abteilung, jedoch unter praxishen Bedingungen durchgeführt. Die Schadstoffe wurden über möglichst gut reproduzierbare Grill- und Frittiervorgänge freigesetzt. Unter gewissen Einschränkungen lassen sich damit die bei den Versuchen gewonnenen Ergebnisse auf praktische Küchenbetriebe übertragen.

3. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

3.1 Versuchsküche und Lüftungssysteme

Die Versuchsküche (siehe Abbildungen 1, 2, 3 und 4) hatte eine Fläche von $23,75 \text{ m}^2$ und bei einer durchschnittlichen Raumhöhe von $2,45 \text{ m}$ ein Volumen von $58,2 \text{ m}^3$. Beim Grillen kam eine Grillplatte ($5,4 \text{ kW}$) der Abmessungen $0,40 \times 0,55 \text{ m}^2$ zum Einsatz. Zum Frittieren wurde ein 12 ltr. Fettbad einer Doppelfritteuse (12 kW) verwendet. Die Anordnung dieser Geräte erfolgte unter der linken Hälfte einer Lüftungsdecke über die auch die Abluft geführt wurde. Bei den einzelnen Versuchen (s. Tabelle 1) kamen folgende Zuluftvarianten zum Einsatz (Abbildung 1):

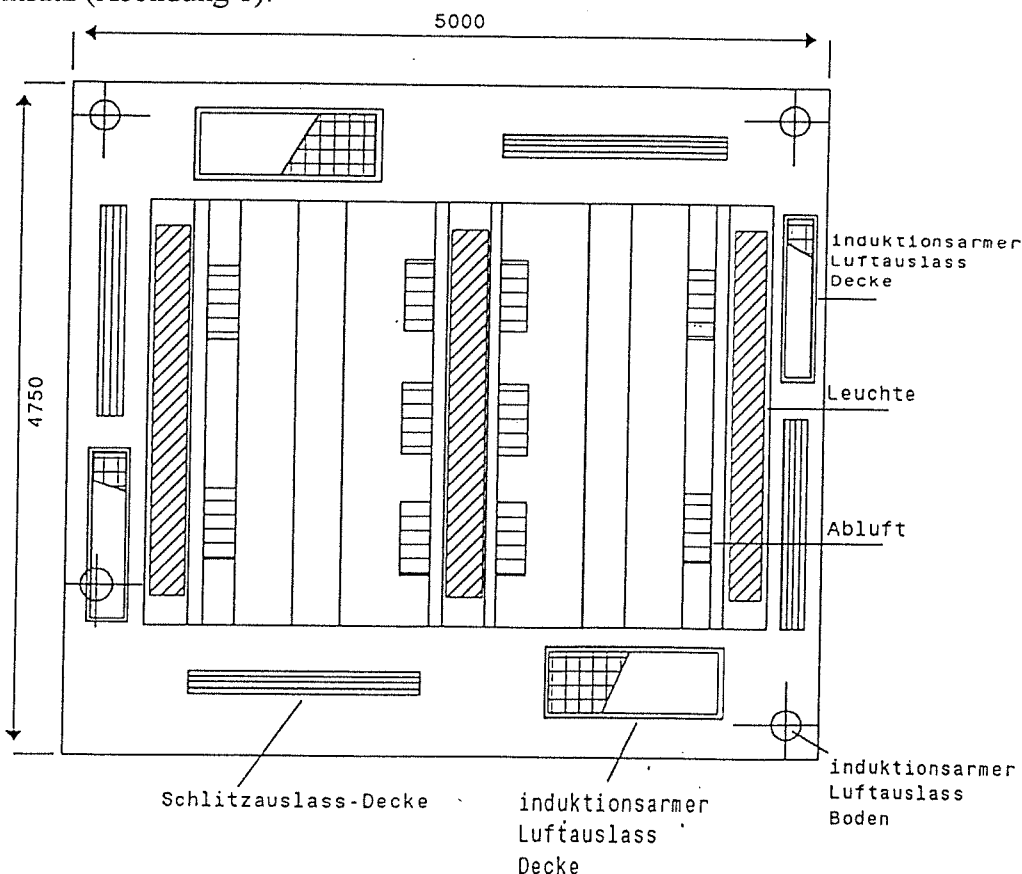


Abbildung 1: Versuchsküche - Deckenspiegel

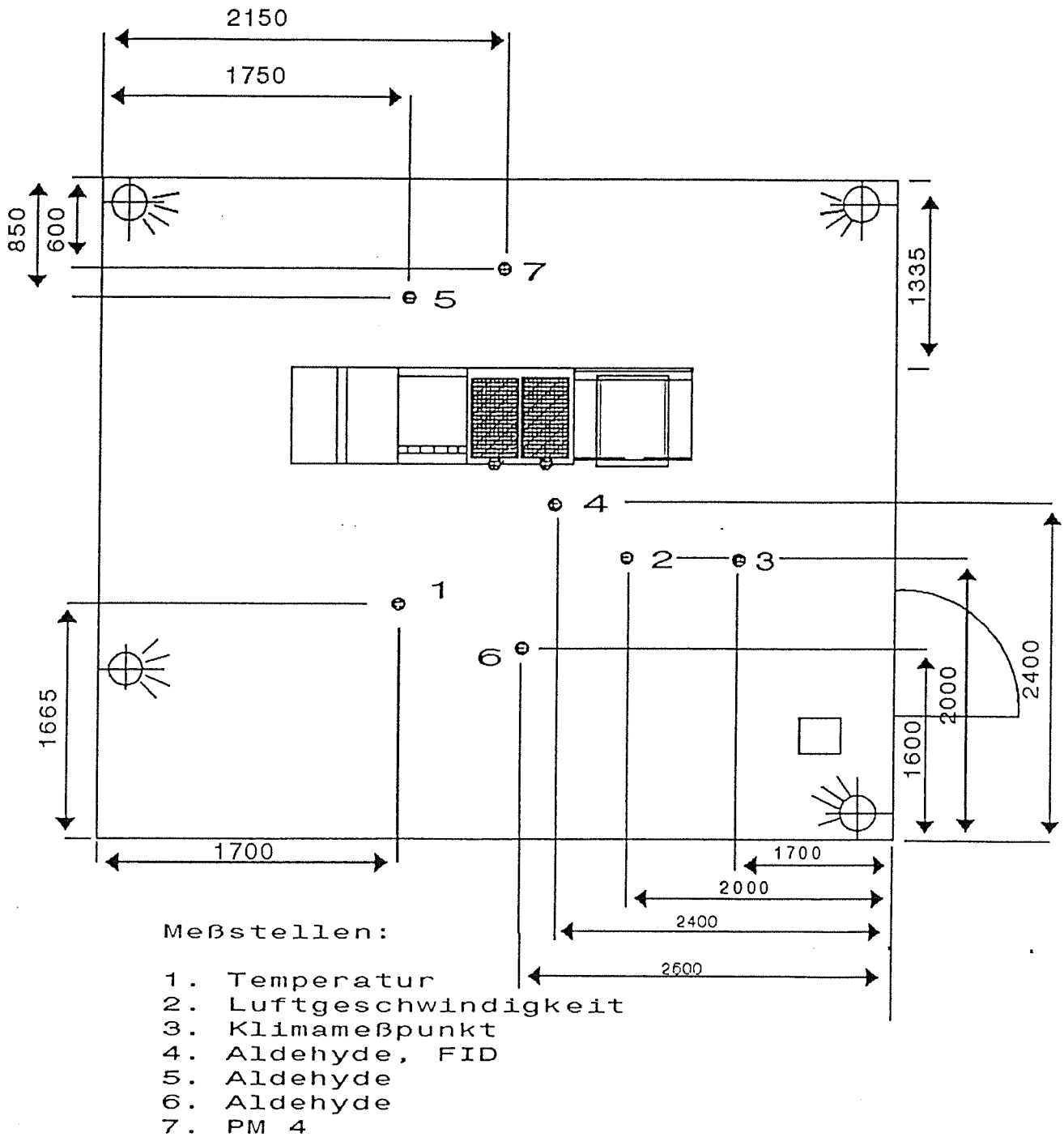


Abbildung 2: Grundriß und Messstellen

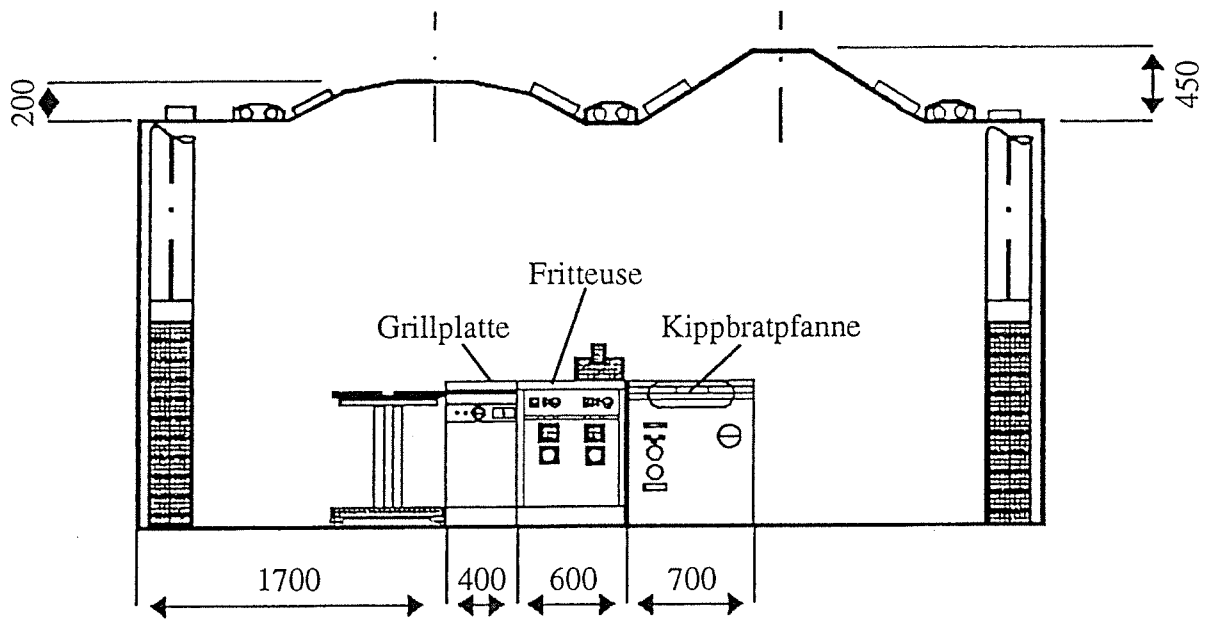


Abbildung 3: Versuchsküche - Schnitt

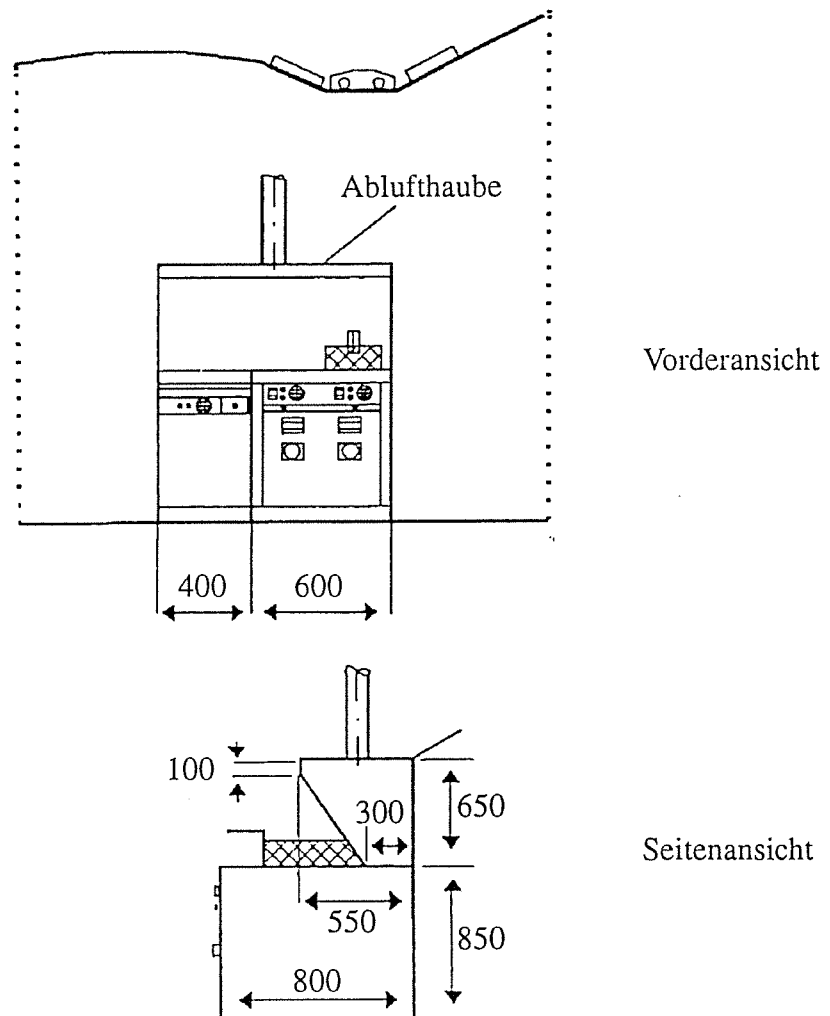


Abbildung 4: Küchenblock mit Ablufthaube

An Messpunkt 7 (Abb. 2) wurden in einer Messhöhe von 1,65 m mit zwei Gravikon PM 4 Staubprobenahmegeräten (Fa. Ströhlein) die Aerosole gesammelt. Auch an diesem Messpunkt wird die Belastung durch Frittieren und Grillen erfasst. Aus Platzgründen war es nicht möglich, die Probenahmeköpfe direkt in den Atemraum zu stellen. Aus Symmetrieüberlegungen heraus wurde daher die Probe hinter anstelle vor Fritteuse und Grillplatte genommen.

Mittels zweier Gravikon PM 4 Pumpen wurden Volumenströme von jeweils 4 m³/h über einen Gesamtstaubprobenahmekopf und über einen Feinstaubprobenahmekopf durch ein Glasfaserfilter (Gesamtstaub) bzw. durch ein Membranfilter (Feinstaub) gezogen. Der Gesamtstaubprobenahmekopf saugt die Luft mit 1,25 m/s durch einen Ringspalt an und sammelt damit den einatembaren Anteil des Aerosoles. Der Feinstaubprobenahmekopf scheidet in einem dem Filter vorgeschalteten Zyklon die größeren Partikeln ab, so dass nur die alveolengängigen Partikeln nach der Johannesburger Konvention zur Messung gelangen. Die Probenahmedauer währte 20 Minuten für jeden Versuch.

Durch Auswiegen der verwendeten Filter vor und nach der Messung konnten für jeden Versuch die Aerosolkonzentrationen bestimmt werden.

4. Ergebnisse

4.1 Schadstoffe

Die Konzentration der gemessenen Aldehyde in Abhängigkeit von der Zuluftführung sind in den Abb. 5 und 6 dargestellt.

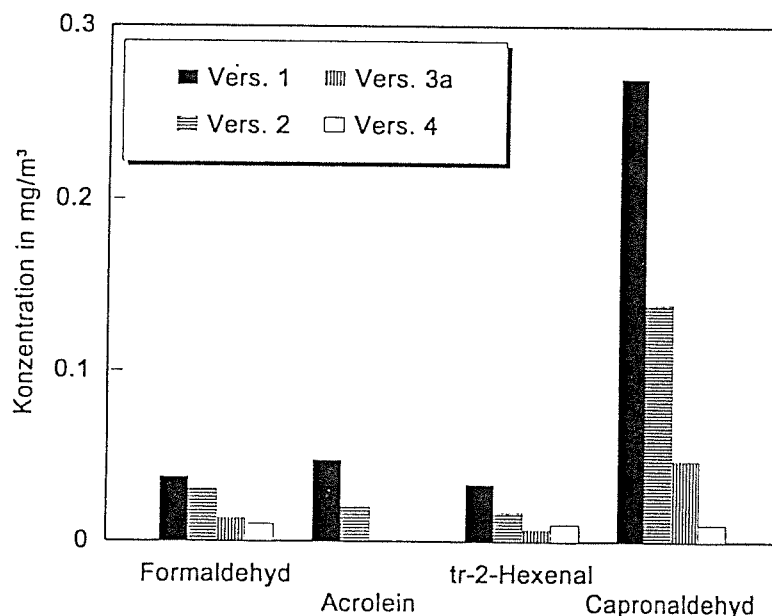


Abbildung 5: Einfluß der Zuluftführung auf die Gefahrstoffkonzentration

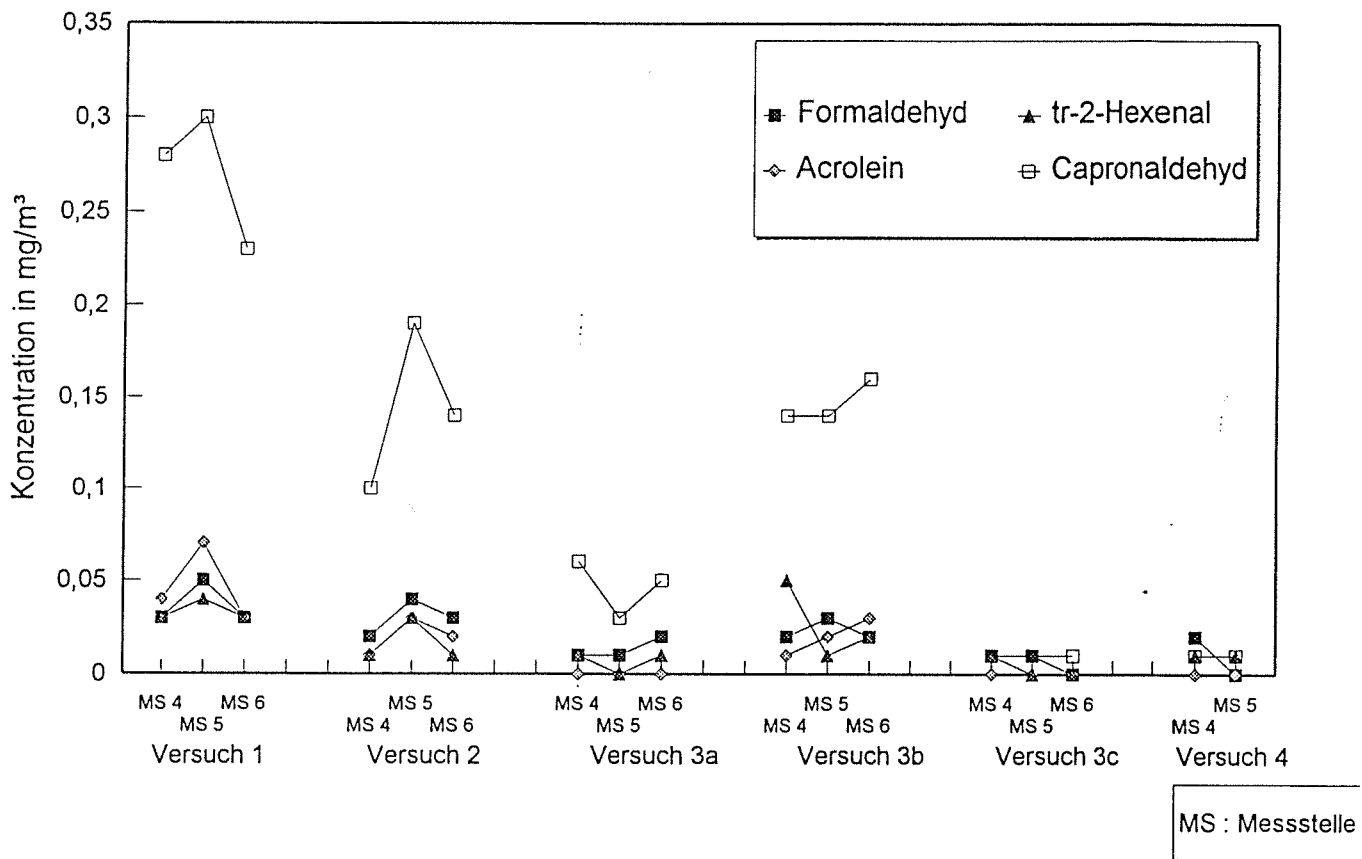


Abbildung 6: Aldehydkonzentration bei unterschiedlichen Lüftungssystemen und Luftmengen (an den jeweiligen Messstellen)

In Abb. 5 sind die Mittelwerte aus allen 3 Messpunkten der Aldehydkonzentrationen dargestellt. Eine deutliche Abhängigkeit vom jeweiligen Lüftungssystem ist festzustellen.

Das besonders stark chemisch-irritativ wirkende Acrolein ist beim Einsatz induktionsarmer Luftauslässe im Bodenbereich nicht mehr nachweisbar. Die räumliche Verteilung der dampfförmigen und aerosol- gebundenen chemisch-irritativen Aldehyde, sowie der Einfluss der Zu- und Abluftmenge (Versuch 3a - 3c), sind in Abb. 6 dargestellt. Bei induktionsarmem Luftauslass im Bodenbereich ist bereits bei einer Luftmenge von 950 m³/h (Versuch 3b) eine in der Summe niedrigere Schadstoffbelastung als bei den Versuchen 1 (Mischlüftung) und 2 (induktionsarmer Zuluftauslass Decke) festzustellen. Bei der Direktabsaugung mit reduzierter Luftmenge werden ähnlich gute Werte erreicht wie bei Versuch 3c mit einer Luftmenge von 2000 m³/h.

Die Raumkonzentration und die Konzentration am Arbeitsplatz des Frittierers an leichtflüchtigen Aldehyden sind annähernd identisch. Das entspricht dem Verteilungsverhalten der leichtflüchtigen Aldehyde unter dem Einfluss von Thermik und Luftbewegung. Damit wird nicht nur der Arbeitsplatz unmittelbar an der Fritteuse, sondern es werden auch benachbarte Arbeitsplätze mit leichtflüchtigen Aldehyden belastet. Deren Konzentration kann jedoch durch induktionsarme Luftführung in Bodennähe am wirksamsten reduziert werden.

An Messpunkt 5 wird in den Versuchen 1 und 2 eine geringfügig höhere, in Versuch 3a eine niedrigere Aldehydkonzentration gemessen, d.h., dass gerade an der Stelle mit der zu erwartenden höchsten Belastung (Grillen + Frittieren) eine deutliche Reduktion der leichtflüchtigen Aldehyde durch induktionsarme Luftauslässe in Bodenbereich erreicht wird.

Die Aerosolkonzentrationen nach Gesamtstaub- und Feinstaubdefinition liegen für alle Versuche (mit Ausnahme von Versuch 3a) jeweils nahe beieinander. Das zeigt, dass das Küchenaerosol im Atembereich der Beschäftigten nahezu vollständig alveolengängig ist (Abb. 7).

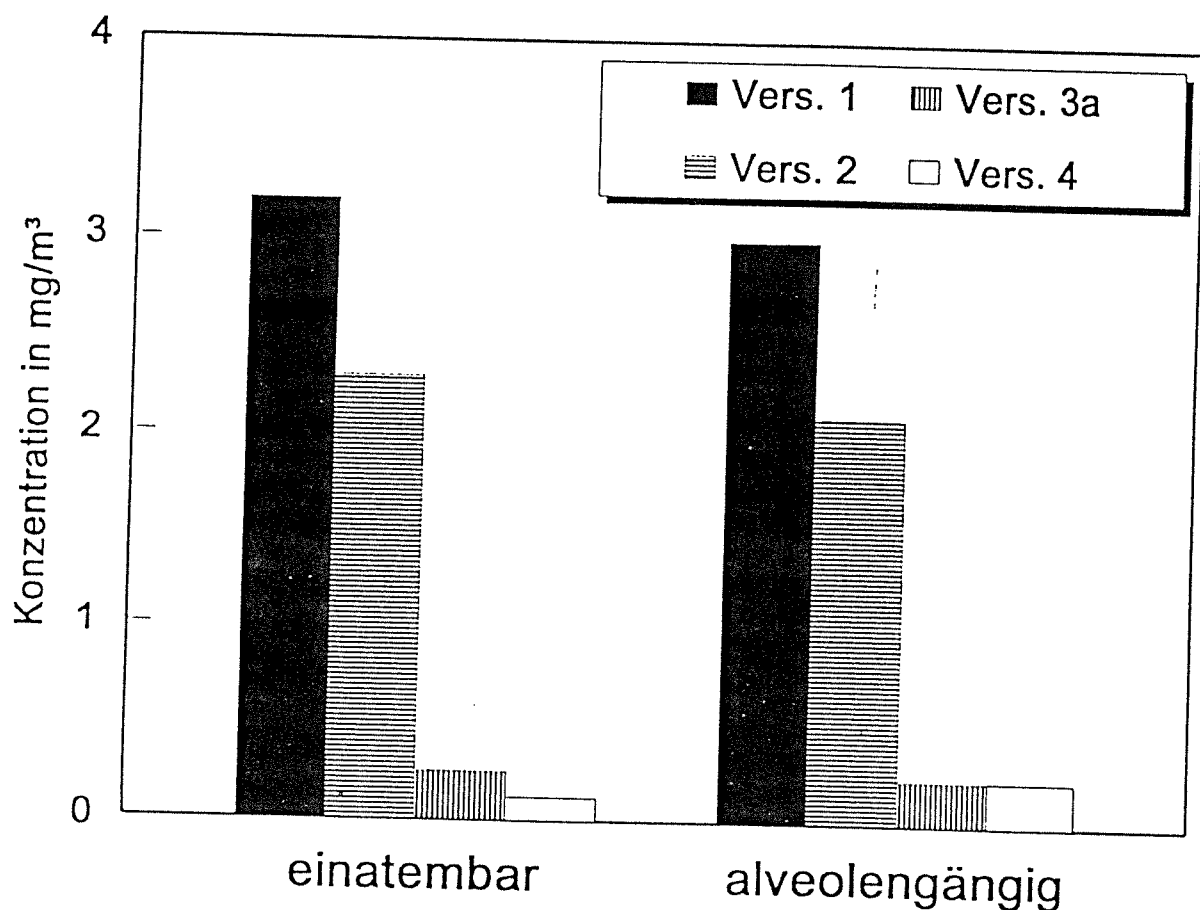


Abbildung 7: Einfluß der Zuluftführung auf die Aerosolkonzentration

Ferner zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit der Aerosolkonzentration von der eingesetzten Zuluftführung. Wie aus Abbildung 8 hervorgeht schneidet die Direktabsaugung am besten ab, gefolgt von der induktionsarmen Lufteinbringung im Bodenbereich, der impulsarmen Lufteinbringung von der Decke und der Mischlüftung.

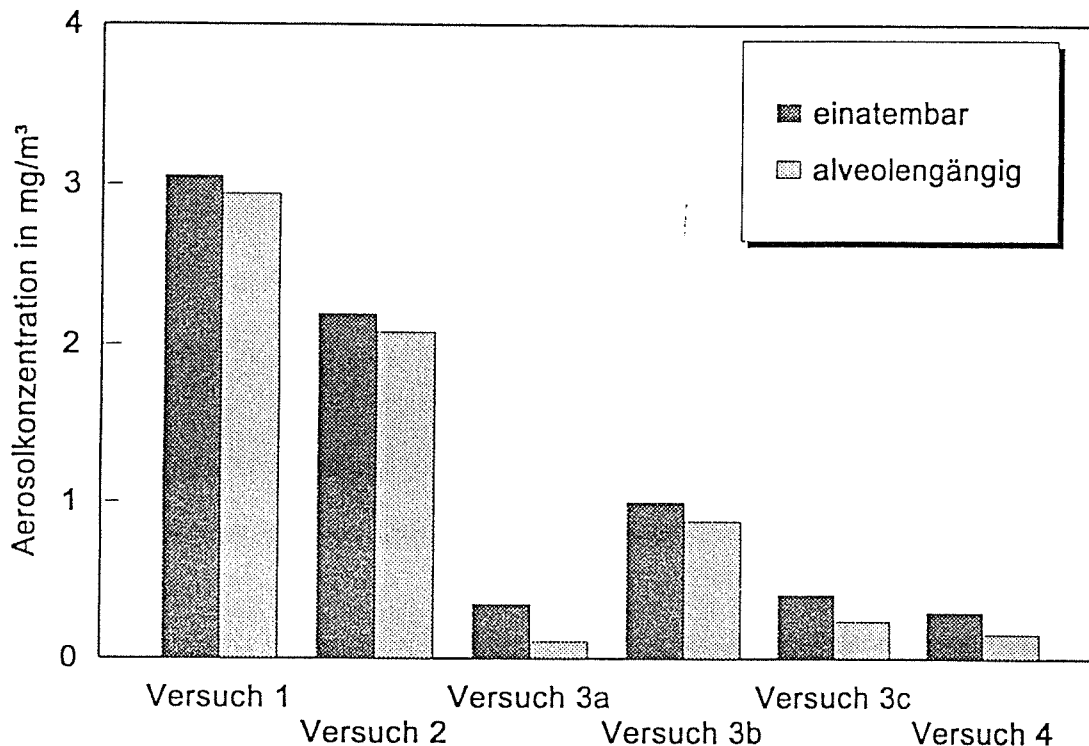


Abbildung 8: Einfluß der Zuluftführung und der Luftmenge auf die Aerosolkonzentration

Die Fotos 1 (Mischlüftung, Versuch Nr. 1) und 2 (Schichtlüftung, Versuch Nr. 3) illustrieren diesen Sachverhalt nochmals deutlich: Mit Hilfe eines Generators wurde künstlicher Nebel in die Fritteusenwanne geblasen. Während die Mischlüftung den Nebel nahezu gleichmäßig verteilt (Foto 1), bildet sich unter dem Einfluss der Schichtlüftung eine deutlich ausgeprägte Trennschicht zwischen nebelhaltigen (= belasteter) und nebelfreien (= unbelasteter) Luftbereichen auf (Foto 2). Bei der Schichtlüftung sammelt sich die schadstoffhaltige Abluft unter der Lüftungsdecke und kann dort abgeführt werden, ohne den Atemraum der Köche zu kontaminieren.

4.2 Klima

Die Ergebnisse der Klimamessungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3a
	1,6 met und 0,7 clo		
t_a	21,1 °C	21,2 °C	20,0 °C
V_a	0,13 m/s	0,05 m/s	0,05 m/s
NET	18,1 °C	18,2 °C	17,4 °C
t_o	22,1 °C	22,1 °C	20,9 °C
P_a	476 Pa	400 Pa	334 Pa
PMV	0,002	- 0,015	- 0,257
PPD	5,03 %	5,02 %	6,45 %
	1,6 met und 1,0 clo		
PMV	+ 0,41	+ 0,46	+ 0,28
PPD	8,5 %	9,4 %	6,6 %

Tabelle 2: Einfluß der Zuluftführung auf das Klima am Raumreferenzpunkt

Die induktionsarmen Luftauslässe im Bodenbereich ergaben am Messpunkt 3 (Raumreferenzpunkt) niedrigste Werte der mittleren Luftgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Wasserdampfpartialdruck, Effektiv- und Operativtemperatur. Lediglich das thermische Empfinden /11/ ergab eine Verschiebung in den kühleren Bereich (PMV = - 0,257). Dies ist jedoch insofern verständlich, da bei den Versuchen Nr. 1 und 2 bereits thermische Behaglichkeit vorlag. Die Reduzierung der Lufttemperatur infolge Schichtlüftung muss daher zwangsweise zu einer Verschiebung des thermischen Empfindens in den kühleren Bereich und damit zu einem Anstieg des PPD-Index führen. Geht man andererseits davon aus, dass im realen Küchenbetrieb (besonders im Sommer) die thermische Grundlast höher ist als während der Versuche, so ist die Schichtlüftung geeignet, behagliche Klimazustände zu fördern. Eine Berechnung nach DIN ISO 7730 mit einer erhöhten Bekleidungsisolierung von 1,0 clo ergibt ein PPD von 6,6 % und verdeutlicht diese Aussage.



5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die induktionsarme Lufteinbringung im Bodenbereich mit Aufbau einer Schichtlüftung ergab in den praxisnahen Versuchen geringste bis vernachlässigbare Schadstoff- und Aerosolkonzentrationen im Arbeitsbereich der Küchengeräte. Die klimatische Behaglichkeit wird zudem gefördert. Die Kombination mit Direktabsaugung rechtfertigt eine Reduzierung der Luftmenge bei gleicher Effizienz. Wegen des bewußt praxisnahen Versuchsaufbaues ist bei Einsatz der Schichtlüftung mit bodennahen induktionsarmen Luftauslässen in Küchen auch mit einer deutlichen Schadstoffreduzierung in den Arbeitsbereichen zu rechnen.

Werden bodennahe Luftauslässe in Küchen vorgesehen müssen folgende Kriterien bedacht werden:

- 1 Sicherstellung der Hygiene und Reinigbarkeit
- 2 erhöhter Platzbedarf erforderlich
- 3 möglichst direkte Einwirkung auf die Arbeitsbereiche
- 4 zylinderförmige Auslässe sind am günstigsten, die Luft muß gleichmäßig über die gesamte Oberfläche austreten mit Luftaustrittsgeschwindigkeiten unter 0,4 m/s.

Anlage

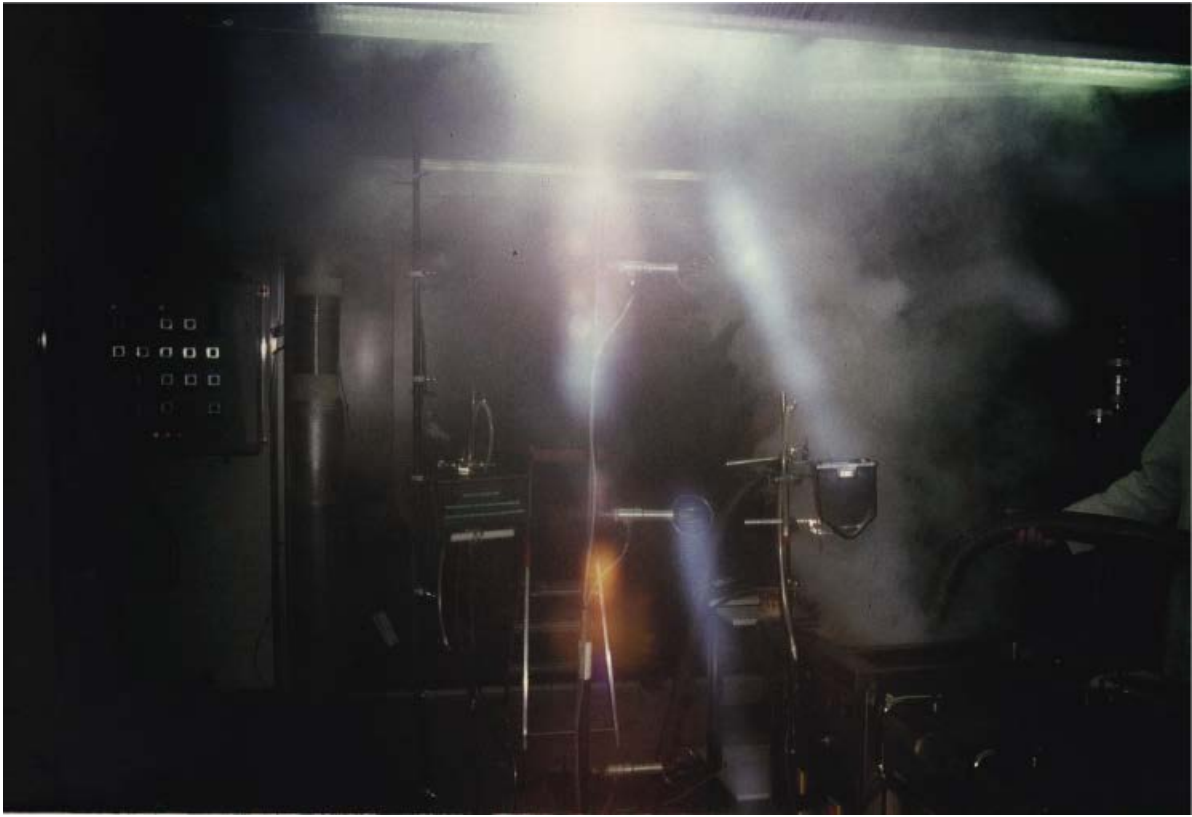


Foto 1: Rauchdarstellung Mischlüftung (Schlitzauslässe Decke)

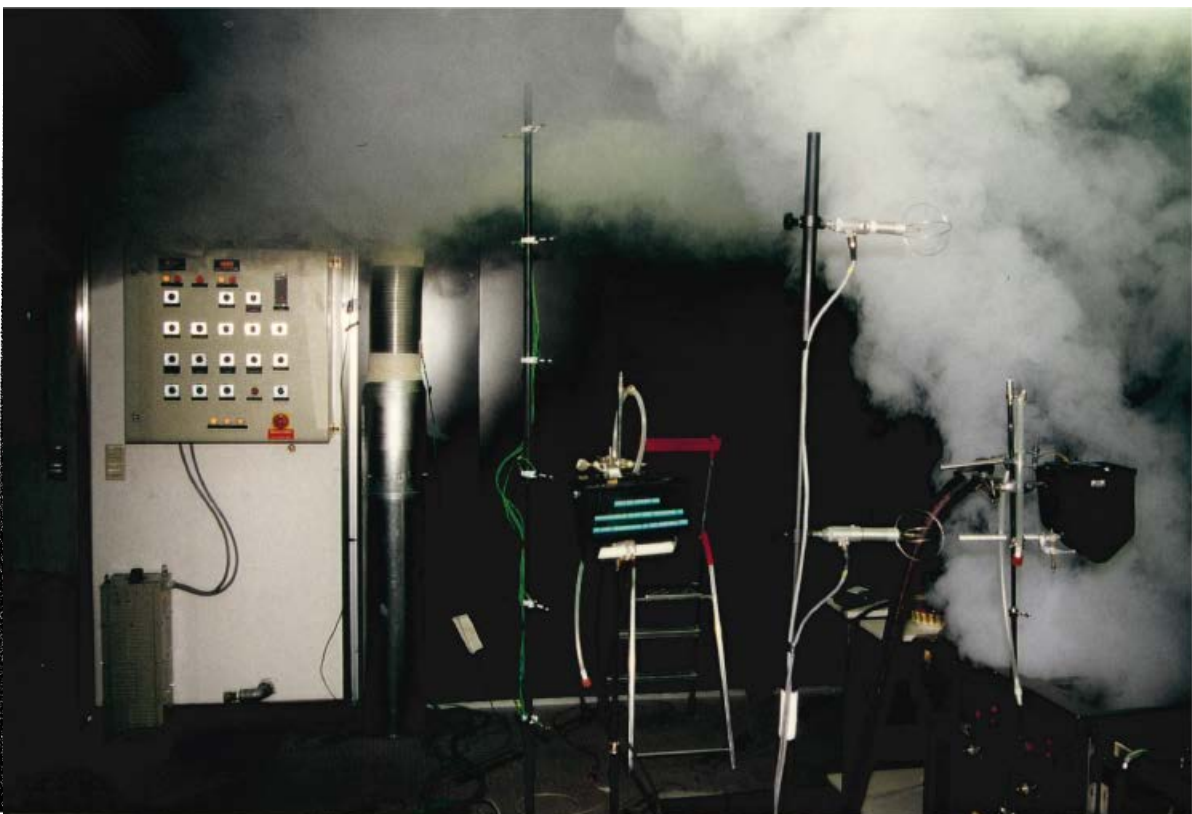


Foto 2: Rauchdarstellung Schichtlüftung (induktionsarme Luftauslässe Boden)