

Reinhaltung der Innenraumluft und Hygienisierung von Lüftungsanlagen mit ätherischen Ölen

M.-C. Pibiri ^{a,*}, A. Goel ^b, N. Vahekeni ^c, C.-A. Roulet ^a

^aLESO-PB, Swiss Federal Institute of Technologies EPFL, Lausanne, Schweiz

^bIndian Institute of Technology (IIT), Neu-Delhi, Indien

^cLaboratorium für Mikrobiologie, Universität Neuchâtel, Schweiz

SCHLAGWÖRTER

Innenraumluft

Lüftungsanlagen

Luftübertragene Mikroorganismen

Ätherische Öle

Lüftungsanlagen sind häufig mit Bakterien und Pilzen behaftet, die gesundheitliche Gefahren für den Menschen bergen können. Die Ausbreitung von Mikroben kann unter anderem durch den Einsatz ätherischer Öle verhindert werden. Diese aromatischen Pflanzenextrakte bilden die Grundlage zahlreicher traditioneller Heilmethoden und wurden auch auf ihre medizinische Bedeutung ausführlich untersucht, wobei ihre Wirksamkeit bei der Behandlung einer Vielzahl von Erkrankungen nachgewiesen ist.

Im Gegensatz zu den meisten antimikrobiellen Substanzen, die gegenwärtig für die Luftdesinfektion eingesetzt werden, weisen ätherische Öle eine nur geringe Toxizität auf. Zur Sondierung einer Methode zur Reinhaltung der Innenraumluft anhand der keimtötenden und wohlriechenden Eigenschaften ätherischer Öle haben wir einen pathogenen, also krankheitserregenden Prüfkeim ausgewählt und dabei die Vorgaben der Norm AFNOR NF T72-281 befolgt. Vorliegendes Protokoll bewertet die Wirksamkeit der Oberflächendesinfektion durch flüchtige antimikrobielle Substanzen, d. h. der Eliminierung von Schadstoffen wie Bakterien, Pilzen und Sporen. Angewandt wurde das Protokoll auf eines der aktivsten ätherischen Öle, das Bergbohnenkraut, sowie auf die 40 %ige Formaldehydlösung Formol, ein in Kliniken gebräuchliches chemisches Desinfektionsmittel. Wir haben nachgewiesen, dass die gasförmige Phase des ätherischen Öls aus dem Bohnenkraut das Bakterium *Staphylococcus aureus* abtötet und nahezu dieselbe Reduzierung der Bakterienzahl erzielt wird wie mit der Gesamtdesinfektion mit evaporiertem Formol.

© 2006 Elsevier Ltd. Alle Rechte vorbehalten.

Praktische Erwägungen

In Innenräumen könnte die kontrollierte Durchdringung streng ausgewählter ätherischer Öle in flüchtiger Form je nach zeitlicher Konzentration folgende Vorteile bringen: 1. Vorbeugung gegen mikrobielle Belastung

2. mikrobiologische Hygienisierung von Lüftungsanlagen und bei Bedarf Desinfektion

3. Förderung von Gesundheit, Wohlbefinden und Produktivität anwesender Personen, da neben der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit auch Gerüche oder Düfte die allgemeine Wahrnehmung der Luftqualität in Innenräumen beeinflussen

* Verantwortlicher Verfasser Tel.: +41 21 693 55 77; Fax: +41 21 693 27 22.

E-Mail: marie-cecile.pibiri@epfl.ch (M.-C. Pibiri)

0962-4562/\$ - siehe Titelseite © 2006 Elsevier Ltd. Alle Rechte vorbehalten.

doi:10.1016/j.ijar.2006.10.002

Einleitung

Zahlreiche Studien (Bluyssen et al., 2002; Flückiger, 1999; Burge, 1995) haben ergeben, dass in mechanischen Lüftungsanlagen viele Keime, Bakterien, Pilze und Schimmelarten zu finden sind, die sich demnach auf die gesamte Gebäudehülle ausbreiten.

Diese luftübertragenen Mikroorganismen können mit gesundheitlichen Nachteilen für die anwesenden Personen verbunden sein. Dieses Problem ist in Krankenhäusern besonders akut, denn dort reagieren die Patienten empfindlicher auf diese Art mikrobiologischer Belastungen (Bardana und Anthony, 1996). Eine empfohlene Methode zur deutlichen Reduzierung von Mikroorganismen in Lüftungsanlagen liegt darin, diese Systeme entsprechend zu konstruieren und alle Teile während des Baus und der Nutzung absolut sauber zu halten (Bluyssen et al., 2002). Dies geschieht jedoch selten, so dass sich der Schmutz auf den Oberflächenteilen der mechanischen Lüftungsanlagen ablagert und sich dort in der Folge Mikroorganismen einnisten können. Als Extrakt aus verschiedenen Pflanzenteilen haben ätherische Öle interessante Eigenschaften. Für die therapeutische Anwendung sind sie gut erforscht. Je nach ihrer Zusammensetzung ist die Wirkung unter anderem antibakteriell, antifungisch, antiviral, sedativ, antispasmodisch oder antiinflammatorisch (Franchomme und Pénoël, 1990; Schnaubelt, 1998; Baudoux, 2000). Einige ätherische Öle hemmen die metabolischen Funktionen von Mikroorganismen wie Wachstum und Vermehrung (Hermal, 1993; Dusart, 1998). Studien haben ergeben, dass gewisse Bestandteile abtötend auf Mikroorganismen wirken (Carson und Riley, 1995; Helander et al., 1998; Cox et al., 2000; Lambert et al., 2001; Kunle, 2003; Walsh et al., 2003).

Auf der anderen Seite ist die Verträglichkeit dieser ätherischer Öle beim Menschen anhand experimenteller Daten gut beschrieben. Allergischen Reaktionen oder Vergiftungserscheinungen liegt oft ein Anwendungsfehler zugrunde, beispielsweise bei zu hohen Konzentrationen oder ausgedehntem Kontakt. Zudem ergeben sich solche Nebenwirkungen meist durch Hautkontakt oder Verschlucken, was in der Praxis leicht vermieden werden kann (Pibiri, 2005). Da die Erforschung der ätherischen Öle sich weitgehend auf medizinische und pharmazeutische Anwendungen konzentriert, basiert die Beschreibung der aktiven Wirkung hauptsächlich auf der flüssigen Phase. Zwar sind Anwendungen der gasförmigen Phase der ätherischen Öle in der Luft recht verbreitet, und es wurden offiziell auch keine Einschränkungen erlassen, wissenschaftliche Studien sind jedoch dünn gesät. Dazu kommt, dass die Ergebnisse der durchgeführten Studien aufgrund der Vielzahl angewandter Protokolle nicht miteinander vergleichbar sind. Derzeit wird die Verdunstungsaktivität ätherischer Öle mit der "mikroatmosphärischen Methode" bestimmt, einer Erweiterung der Agardiffusionsmethode mit "Aromatogrammen" (Antibiogramme mit ätherischen Ölen) (Belaiche, 1979). Für ein erstes Screening zur Auswahl aktiver ätherischer Öle im Zusammenhang mit bestimmten Mikroorganismen ist diese Methode sehr hilfreich (Pibiri, 2005). Die quantitative Auslegung ist jedoch problematisch, und zur großangelegten Anwendung ist sie nicht geeignet, da die Versuchsbedingungen zu sehr von den tatsächlichen Gegebenheiten in Lüftungsanlagen abweichen. Vielsprechende Ergebnisse lieferten neuere Studien, die mit größervolumigen Bioreaktoren (1,3 bis 16 Liter) durchgeführt wurden (de Billerbeck, 2000; Inouye, 2003a,b). In beiden Fällen waren die Mikroorganismen einem Nährboden aufgelagert, der der Situation in Gebäudeumgebungen nicht entspricht. Als ganzheitlichen Ansatz für die Mikrobiologie der Innenraumlufte und die Verwendung von ätherischen Ölen als antimikrobiellen Substanzen schlagen wir die nachfolgend beschriebene Methode vor.

Methode

Zum Nachweis der Aktivität der gasförmigen Phase ätherischer Öle wählten wir die französische Norm NF T72-281: Methoden der Oberflächendesinfektion zur Eliminierung luftübertragener Keime. Bestimmung der bakteriziden, fungiziden und sporiziden Wirksamkeit (AFNOR, 1986). Die Versuche bestehen aus Herstellung und Quantifizierung des Desinfektionspotenzials einer antimikrobiellen Substanz, die nach einer gewissen Zeit bei kontrollierter Temperatur und Luftfeuchtigkeit unter realitätsnahen Bedingungen in der gasförmigen Phase auf Flächen aufgebracht wird. Das Protokoll ist in zwei Schritte gegliedert. Inerte und sterile Träger (in unserem Fall Uhrglas) werden in einem luftdichten Bioreaktor eine Zeit lang mit ätherischen Ölen benebelt. Nach der vorgegebenen Kontaktdauer werden die einzelnen Uhrgläser entnommen und in eine Lösung mit Referenzbakterien (vorgegebene Konzentration) getaucht.

Weitere Tests sind nur möglich, wenn die Bakterienkonzentration in jeder Lösung konstant bleibt. Die Vorversuche sind erforderlich, um festzustellen, ob das Normenprotokoll mit den geprüften antimikrobiellen Substanzen befolgt werden kann. Sie dienen der Feststellung einer möglichen Restaktivität der antimikrobiellen Substanz, die die in den Tests gemessene Wirkung während der Protokollmanipulation störend beeinflussen könnte.

Der zweite Schritt ist dann der eigentliche Test. Die Versuche sind ihren Vorgängern ähnlich, außer dass die ausgewählten Mikroorganismen auf dem Uhrglas immobilisiert werden. Die Uhrgläser werden nach einer vorgegebenen Kontaktdauer in eine sterile Lösung getaucht.

¹kann von der AFNOR-Website abgerufen werden (www.afnor.fr).

Reinhaltung der Innenraumluft und Hygienisierung von Lüftungsanlagen mit ätherischen Ölen

151

Die Auszählung dieser Lösung ergibt die Anzahl verbleibender Bakterien nach der Desinfektion. Die erreichte Desinfektionsrate entspricht dem logarithmischen Wert d unter Anwendung folgender Gleichung:

$$d = \log n_{\text{ref}} - \log n_{\text{ex}} \quad (1)$$

Dabei gilt:

n_{ref} ist die Durchschnittskonzentration [KBE/ml] der in einer Salzlösung von den Referenzträgern extrahierten Kolonien.

n_{ex} ist die Durchschnittskonzentration [KBE/ml] der in einer Salzlösung von den exponierten Trägern extrahierten Kolonien. Die Extraktion wird als vollständig angesehen, die verbleibenden Bakterien auf dem Träger bleiben außer Acht.

Versuchsanordnung

Als Reaktor für diese Versuche (Fig. 1) dient ein luftdichter und sterilisierter Behälter aus Polycarbonat mit einem Fassungsvermögen von 7 Litern. Bakterielle Inokuli werden auf inerte Träger aufgebracht (sterilisiertes, ölfreies Uhrglas, Durchmesser 40 mm), die wiederum mit der präparierten Seite nach unten auf einem eigens angefertigten Aluminiumträger positioniert werden. Dieser Träger wird unter sterilen Bedingungen in einen Bioreaktor gelegt und während verschieden langen Expositionszeiten (2 bis 4 Stunden) dem mit steriler Luft verdünnten Nebel antimikrobieller Substanzen ausgesetzt. Gasförmige Phasen ergeben sich aus der partiellen Verdunstung von 50 Mikrolitern der antimikrobiellen Substanzen, die zuvor in der flüssigen Phase auf Filterpapier getropft (Durchmesser 50 mm) und zur schnellen Verdunstung (und Homogenisierung der Luft) im Bioreaktor vor einen kleinen Ventilator mit 6 V gehalten wurden.

Innentemperatur und relative Luftfeuchtigkeit werden bei ca. 21°C bzw. 50 % konstant gehalten, was den atmosphärischen Bedingungen entspricht, die durch die Klimaanlage im Labor geschaffen werden und deren Stabilität im Vorfeld geprüft wurde.

Bakterienstamm und Suspensionsmedium

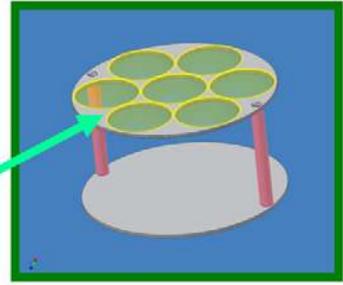
Für die Versuche wurde ein in der europäischen Norm EN 1040 empfohlener Prüfstamm mit bakterizider Wirkung gemäß der ersten Desinfektionsrate (CEN, 1997) ausgewählt: *Staphylococcus aureus* (DMS 799, ATCC 6538). Kulturen wurden nachgebildet und auf Trypton-Soja-Agar (TSA, Oxoid) ausgezählt. Mikrobielle Suspensionen verdünnt in steriler Salzlösung (NaCl 0,85 % w/v) wurden an eine optische Dichte von $0,2 \pm 0,05$ (WPA Biowave Zelldichtemesser CO8000) angepasst, um Inokuli mit 10^7 Zellen/ml zu erzielen. Eine Kombination aus Trypton-Soja-Bouillon (TSB, Oxoid) 1/5 (v/v) wurde zugesetzt, um eine Austrocknung der Bakterien während der Versuche zu verhindern.

Antimikrobielle Substanzen

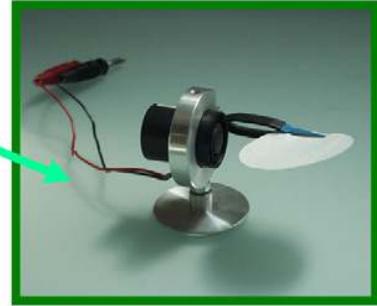
Mehr als 60 ätherische Öle wurden im Vorfeld mittels Aromatogrammen und mikroatmosphärischen Methoden auf ihre bakteriziden Eigenschaften untersucht. Unter anderem fiel unsere Wahl auf ein hochphenolisches ätherisches Öl (Carvacrol 47 %, Thymol 2 %), das Bergbohnenkraut (*Satureja montana*, Aries S.A.). Als chemische Referenz für diese Versuchsreihe diente eine Lösung aus Formaldehyd 40 % (Fluka 47629), allgemein bekannt unter der Bezeichnung Formol.



a



b



c

Abbildung 1. Bioreaktor (a) mit Uhrglasträger aus Aluminium (b) und Verdunster (c)

Ergebnisse

Die Vorversuche ergaben keine Restaktivität möglicher Spuren von auf den inerten Trägern adsorbierten ätherischen Ölen, so dass das Experiment fortgesetzt werden konnte.

Die Expositionszeit von 240 Minuten wurde halbiert und so die Aktivität nach einem kürzeren Zeitraum geprüft. Die Ergebnisse (Tabelle 1) zeigen, dass Formol sowohl nach 120 als auch nach 240 Minuten eine vollständige bakterizide Aktivität aufweist, während beim Bohnenkraut lebensfähige Bakterien noch vorhanden sind. Nach einer Expositionszeit von 120 Minuten beträgt die Bakterienkonzentration 94 [KBE/ml], nach 240 Minuten nur noch 0,5 [KBE/ml]. In diesem Fall liegt die Desinfektionsrate $d = 5,3$ über dem Mindestwert 5, der in der französischen Norm NF 72-281 zur bakteriziden Aktivität gefordert wird. Tabelle 2 zeigt die entsprechende Konzentration im Bioreaktor, die zur Desinfektion sowohl mit Formol (vollständige Verdunstung) als auch mit Bohnenkraut (partielle Verdunstung) in einer Expositionszeit von 2 Stunden erforderlich ist.

Die Konzentration des Formaldehyds ist um das 2,7fache höher als die des Bohnenkrauts.

Diskussion

Die zur vollständigen Desinfektion erforderliche Formaldehydkonzentration beträgt 1500 bis 3250 ppm bei einer Expositionsvernebelung von 2 Stunden (Fleurette et al., 1995). Zum Vergleich sind Formaldehydkonzentrationen im Freien sehr niedrig und betragen zwischen 24 und 480 ppb, beim Menschen tritt der Tod bei einer Konzentration von 150 ppm in 10 Minuten ein. Die Formaldehyddiffusion in der Luft gilt dank des großen Aktivitätsspektrums und der hervorragenden Luftdurchdringung zwar als das wirkungsvollste Desinfektionsmittel, es wirkt jedoch auch korrosiv und toxisch. Jede Anwendung erfordert abschließend eine vollständige Neutralisierung mit bestimmten Substanzen wie Ammoniak (die wiederum ebenfalls gewissen Risiken bergen). Daher wird es in Frankreich und der Schweiz zur Desinfektion im Krankenhausbereich nicht mehr eingesetzt. Da die unseren Versuchen zugrunde gelegte Konzentration von 1900 ppm im menschlichen Umfeld völlig indiskutabel ist, gewinnt die Anwendung von Bohnenkraut an Interesse. Wie bereits erwähnt, sind ätherische Öle weitgehend ungiftig. Die Daten zur oralen LD50 liegen zwischen 2 und 5 bzw. >5 g/kg (orale LD50 bei Formaldehyd 260 mg/kg), wobei nach Kenntnis der Autoren in Europa keine Beschränkungen zur Innenraumdiffusion existieren.

Die Expositionsgrenzwerte werden durch die geruchliche Wahrnehmung ätherischer Öle sowie ihre Tolerierung in bewohnten Gebieten bestimmt, wobei eine Konzentration von 700 ppm bereits als hoch anzusehen, jedoch kurzzeitig noch erträglich ist. Ein breiteres Screening von Bakterien und Schimmelarten würde wohl zu einem besseren Verständnis des Potenzials ausgewählter ätherischer Öle in der Luft beitragen. Es ist geplant, weitere pathogene mikrobielle Stämme im Zusammenhang mit verschiedenen Konzentrationen ausgewählter ätherischer Öle und Ölmischungen zu untersuchen. Da ätherische Öle einen recht hohen Siedepunkt aufweisen, wäre es interessant, die Oberflächenadsorption zu beobachten und Mindestkonzentrationen zu sondieren, um die Ausbreitung und Kontaminierung größerer Gebiete durch bestimmte Mikroorganismen zu vermeiden.

Wir haben nun zwar eine Desinfektionsmethode vorgestellt, das eigentliche Ziel unseres Projektes besteht jedoch nicht in der Sterilisierung von Volumina, sondern in der Verringerung der Luftbelastung in Innenräumen und in der Verhinderung einer Ausbreitung von Mikroben auf Oberflächen.

Zu diesem Zweck erfolgt in weiteren Versuchsreihen eine Optimierung der Konzentrationen in einer Klimakammer und anschließend die Verifizierung in echten Lüftungsanlagen. Mögliche Anwendungsbereiche sind Lüftungsanlagen, Büros, Einkaufszentren, geschlossene Räume sowie Seniorenwohnheime, Schulen und sogar Krankenhäuser.

Tabelle 1 Desinfektionsrate bei verschiedenen Expositionszeiten

Expositionszeit	Referenz (KBE/ml)			Bohnenkraut (KBE/ml)			d	Formol (KBE/ml)			
	n ^a	Mittel	SD	N	Mittel	SD		N	Mittel	SD	
120 min	2	42,500	1000	2	94	10	4.6	2	0	–	tot ^c
240 min	4	44,600	2000	4	0.5	0.7	5.3	4	0	–	tot

^aKoloniebildende Einheiten

^bAnzahl der Erfahrungswerte

^cGesamtdesinfektion

Tabelle 2 Desinfektionskonzentration bakterizider Substanzen bei 21°C

MW (g/mol)	Dichte (g/cm ³)	Verdampftes Volumen (flüssig) (l)	Volumen (Gas) (l)	Konzentration (ppm)
------------	-----------------------------	-----------------------------------	-------------------	---------------------

Formol ^a 30		0.81		50		7		1900	
Bohnenkraut	145.7		0.89		35		7		700

^aFormaldehyd 40 %.

Reinhaltung der Innenraumluft und Hygienisierung von Lüftungsanlagen mit ätherischen Ölen

153

Schlussfolgerungen und Konsequenzen

Für die Untersuchung der Wirksamkeit ätherischer Öle zur Reduzierung bakterieller Belastung empfehlen wir eine standardisierte Methode mit 7-Liter-Bioreaktoren (Pibiri, 2005) gemäß Protokoll der französischen Norm AFNOR NF T72-281 zur Bewertung der Effizienz von Desinfektionsmitteln im klinischen Bereich für die Eliminierung pathogener Stämme. Die keimtötende Wirkung ätherischer Öle durch direkten Kontakt mit festen oder flüssigen Medien ist weitgehend bekannt. Die Wirkung der dampfförmigen Phase wurde nur an einer einzigen Pilzart nachgewiesen, dem *Aspergillus niger*. Wir haben Versuchsanordnungen entwickelt sowie ein Verfahren und Standardstämme bestimmt, mit denen die Wirkung ätherischer Öle und Ölmischungen auf einen pathogenen, grampositiven Stamm - den *Staphylococcus aureus* - bewertet wurde. Ätherische Öle in einer angenehmen Konzentration in der Luft werden von den anwesenden Personen relativ gut angenommen, da es sich um natürliche Auszüge handelt. Dank des angenehmen Duftes haben sie unter Umständen sogar eine positive Auswirkung auf das menschliche Wohlbefinden. Aufgrund der potenziellen Kondensation auf den Oberflächen einer Lüftungsanlage ergibt sich des Weiteren möglicherweise eine bakteriostatische und bakterizide Wirkung.

Danksagung

Die Schweizerische Nationale Stiftung für Naturwissenschaften fördert diese Studie unter der Nummer 2134-065867. Die Autoren sprechen außerdem der Aries S.A. sowie Christophe Perret-Gentil ihren herzlichen Dank für die Überlassung der ätherischen Öle aus.

Literatur

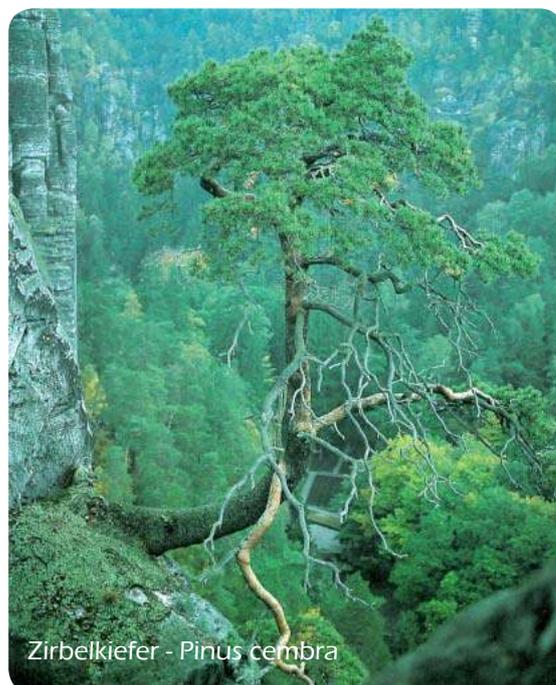
- AFNOR NF T 72-281 Procédés de désinfection des surfaces par voie aérienne. AFNOR. Paris, 1986.
- Bardana EJ, Anthony MJ. Indoor air pollution and health. Clinical allergy and immunology, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data New York, Basel, Hong Kong, 1996.
- Baudoux D. Antiviral and Antimicrobial properties of essential oils. 2000.
- Belaiche, P. L'aromatogramme. Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. M.S.A. Editeur. Paris. tome 1, 1979.
- Bluyssen PM, Cox C, et al. Why, when and how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? The European AIRLESS project. Building and Environment 2002;38:209–25.
- Burge HA, editor. Bioaerosols. Indoor Air Research Series. Lewis Publisher; 1995.
- Carson CF, Riley TV. Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Malaleuca alternifolia*. JAppl Bacteriol 1995;78:264–9.
- CEN. Norme EN 1040 - Antiseptiques et désinfectants chimiques - Activité bactéricide de base - Méthode d'essai et prescriptions (phase 1). CEN et AFNOR. Brussel et Paris, 1997.
- Cox SD, Mann CM, et al. The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). J Appl Microbiol 2000;88:170–5.
- de Billerbeck G. Activité fongique de l'huile essentielle de *Cymbopogon nardus* sur l'*aspergillus niger*. Evaluation d'un bioréacteur pour l'étude de l'effet inhibiteur des substances volatiles en phase vapeur. Faculté des sciences pharmaceutiques, Institut national polytechnique de Toulouse, 2000.
- Dusart G. Evaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles. 17^{èmes} Journées Internationales des Huiles Essentielles et Extraits, Digne les Bains, Rivista Italiana EPPOS, 1998.
- Fleurette JJ. Freney, et al. Antiseptie et désinfection. Editions ESKA Paris, 1995.
- Flückiger B. Beurteilung der mikrobiellen Exposition in Wohnungen und Lüftungsanlagen. Naturwissenschaft, Eidgenössischen Technischen Hochschule 1999;117.
- Franchomme PD, Péroël D. (1990). Fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. L'aromathérapie exactement. Limoges, 1990.
- Helander IM, Alakomi H, et al. Characterisation of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. J Agric Food Chem 1998;46:3590–5.
- Hermal C. Activité bactériostatique de sept émulsions d'huiles essentielles et de deux associations d'émulsions d'huiles essentielles. Faculté de Pharmacie, Université de Montpellier, 1993.
- Inouye S. Laboratory evaluation of gaseous essential oils (Part 1). Int J Aromatherapy 2003;13:95–107.
- Inouye S. Laboratory evaluation of gaseous essential oils (Part 2). Int J Aromatherapy 2003;13:173–84.
- Kunle O, Okogun J, et al. Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. Phytomedicine 2003;10:59–61.
- Lambert RJW, Skandamis PN, et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. J Appl Microbiol 2001;91:453–62.
- Pibiri M-C. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Faculté Environnement Naturel et Construit, Ecole Polytechnique Fédérale, 2005.

Schnaubelt K. *Advanced aromatherapy, the science of essential oil therapy*. Vermont: Healing Arts Press, Inner Traditions International; 1998.

Walsh SE, Maillard J-Y, et al. Activity and mechanisms of action of selected biocidal agents on Gram-positive and -negative bacteria. *J Appl Microbiol* 2003;94:240-7.

Ätherische Öle im Blickpunkt der Wissenschaft

**ALLE AUSSAGEN BEZIEHEN
SICH AUSSCHLIESSLICH AUF
100% NATURREINE
ÄTHERISCHE ÖLE!**



Antibakterielle Wirkung 100% naturreiner ätherischer Öle

Dr. Valnet, Pionier der Aromatherapie, beschreibt, dass sich im Fichtenwald von Fontainebleau, einem Waldstück in der Nähe von Paris, fünf Mikrobenkeime in einem Kubikmeter Luft befinden; in einer Pariser Wohnung dagegen 20.000 / cbm und auf einem Teppichboden neun Millionen Krankheitserreger pro qm. (Mikroben sind Kleinstlebewesen wie Bakterien, Viren und Pilze, also potentielle Krankheitserreger.) Diese Untersuchung zeigt die enorme antiseptische Kraft des ätherischen Öls der Fichtennadeln.

Prof. Griffon, Mitglied der französischen, pharmazeutischen Akademie, untersuchte die Reinheit der Luft. Mit Hilfe eines Zerstäubers wurden verschiedene ätherische Öle versprüht. Man bestimmte vorher und nachher die Vitalität der Krankheitskeime. Bereits nach 30 Minuten ließen sich nur noch vier der ursprünglich 210 verschiedenen Bakterien nachweisen, wobei sämtliche Schimmelpilze und Staphylokokken-Kulturen vernichtet waren. Ein Beweis von vielen, dass 100 % naturreine ätherische Öle ein vorzügliches Mittel zur Desinfektion der Luft darstellen.

Alle Nadelholzöle und Zitrusöle enthalten einen hohen Anteil wichtiger Inhaltsstoffe. Die Hauptwirkung dieser Stoffe ist die Fähigkeit, verbrauchte Luft in geschlossenen Räumen zu reinigen, sowie ihre antibakterielle Wirkung, die speziell bei Erkältungen und schlecht funktionierendem Immunsystem äußerst hilfreich ist.

Ätherische Öle sind die Duftstoffe der Pflanzen, die durch den Stoffwechsel während der Photosynthese am Tag und des Regenerationsprozesses in der Nacht entstehen. Dabei bilden sich hochkomplexe biochemische Inhaltsstoffe wie: Monoterpene, Aldehyde, Ester und viele mehr. Diese sind nicht nur für den spezifischen Duft verantwortlich, sondern erklären auch ihre therapeutische Wirkung, da essentiellen Öle zum Teil verwandt sind mit den menschlichen Hormonen und Vitaminvorstufen.

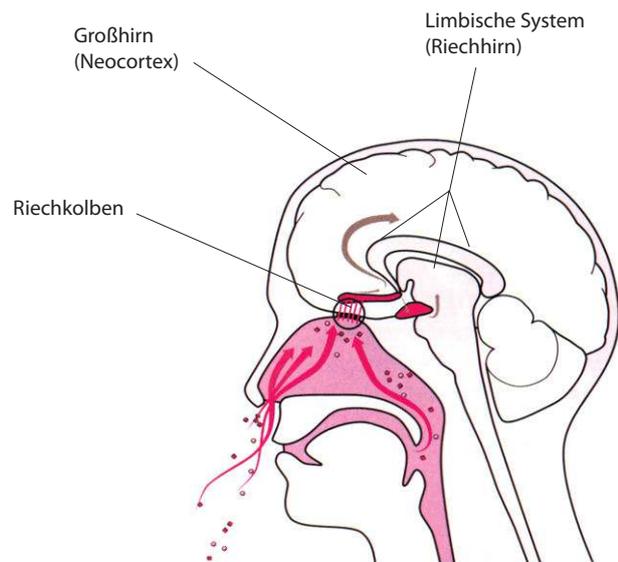
Rosmarinöl-Studie der Ludwig-Max.-Universität Prof. Hildebert Wagner (Direktor des Instituts für Pharmazeutische Biologie an der Münchner Ludwig-Maximilian-Universität)

Besonders gut untersucht sind das Lavendel- und Rosmarinöl. Die anregende Wirkung des Rosmarinöls ist bekannt. In einer Untersuchung an Menschen erhöhte sich nach Inhalation der Substanz die Gefäßdurchblutung, wobei manche der Versuchspersonen schwächer, andere stärker reagierten. Und: Das Öl entfalte seine Wirkung nicht nur über die Nase. Ließ man gesunde Versuchspersonen sowie Probanden ohne Geruchssinn ("Anosmie") Rosmarinöl einatmen, so zeigte sich, daß dadurch bei beiden Gruppen die Durchblutung des Gehirns gesteigert wurde; die Wirkstoffe gingen auch über die Lunge direkt ins Blut.

Riechen - Hotline zu unseren Gefühlen

Düfte greifen auf vielfältige Weise in unser Leben ein; beeinflussen uns weitaus mehr als uns bewusst ist:

- * Sie dienen als Kommunikationsmittel
- * Sie können Auslöser für Sympathie und Antipathie sein
- * Sie beeinflussen unseren Hormonhaushalt
- * Sie nehmen Einfluss auf unser Wohlbefinden





Mandarinenbaum - Citrus reticulata - in Italien

TIEFSCHLAF-TESTS der TU-Bochum **(Prof. Dr.Dr.Dr. Hanns Hatt - Ruhr-Universität Bochum)**

Das Riechhirn hat einen direkten Zugang zum Hypothalamus und limbischen System im Gehirn - wichtige Zentren für Gefühle, Emotionen, Triebe. Dies ist mit der Grund, weshalb mit Duftreizen Stimmungen und Befindlichkeiten beeinflusst werden, der Hormonhaushalt verändert oder Gefühle wie Zu- und Abneigung stimuliert werden können. Etwa 30 Millionen Riechzellen besitzt der Mensch. Die größte Gen-Familie im menschlichen Erbgut ist jene für die Bildung von Riechhirnrezeptoren, an denen Duftstoffe auf Riechzellen andocken können: Ein Hinweis darauf, wie wichtig das Riechen für Menschen ist.

Selbst während des Tiefschlafes werden Düfte wahrgenommen; das zeigen Untersuchungen der Ruhr-Universität Bochum im Schlaflabor. Dort veränderten Düfte physiologische Parameter wie Blutdruck, Herz- und Atemfrequenz. Und sie beeinflussen Prof. Hatt zufolge auch die Qualität der Träume: Angenehme Düfte lösen schöne Träume aus, unangenehme führen dagegen zu negativen Traumgehalten. Mit Düften könne man - Beispiel für einen negativen Aspekt - Verhaltensweisen manipulieren. Aber man kann sie auch nutzen, um das Wohlbefinden zu verbessern oder sogar um zu heilen, wie das im Rahmen der Aromatherapie geschieht. (Siehe die ausführlichen Hinweise auf der nächsten Seite.)



Prof. Dr.Dr.Dr. Hanns Hatt (Ruhr-Universität Bochum)

Gerüche greifen auf vielfältige Weise in unser Leben ein. Sie können Stimmungen beeinflussen, als chemische Kommunikationsmittel dienen oder gar Auslöser für Sympathie und Antipathie sein. Gerüche beeinflussen uns weitaus mehr als uns bewußt ist. Wie nehmen wir Gerüche eigentlich wahr? Wie ist es möglich, mehrere tausend verschiedene Gerüche - oft in geringster Konzentrationen - zu unterscheiden? Bislang war nur wenig über die zugrundeliegenden Mechanismen bekannt. Die Erforschung der molekularen Prozesse der Geruchswahrnehmung gehört heute zu den größten Herausforderungen in der Sinnesphysiologie. Inzwischen konnten bereits einige wesentliche Komponenten der Signalübertragung aufgeklärt werden. So läßt sich mittlerweile verfolgen, wie ein chemischer Duftreiz in eine elektrische Zellerregung umgewandelt wird. Dabei wurden spezifische Erkennungs- und Verstärkungsproteine entdeckt, die zu der enormen Leistungsfähigkeit unseres Geruchssinnes beitragen.

Der "chemische Sinn", wie man den Geruchs- und Geschmackssinn zusammenfaßt, weil beide an chemische Substanzen als stoffliche Überträger gekoppelt sind, ist wahrscheinlich das phylogenetisch älteste Sinnesystem. Als sich das Leben noch ausschließlich in der Dunkelheit der "Ursuppe", also im wässrigen Medium, abspielte, benutzten die Tiere dieses sie umspielende Medium als Träger, um Informationen weiter zu geben. Auf ähnlich direktem Wege arbeitet der Geschmackssinn heute noch. Als die Lebewesen dann ans Land stiegen, wurde die Luft zum Transportmedium für chemische Kommunikation.

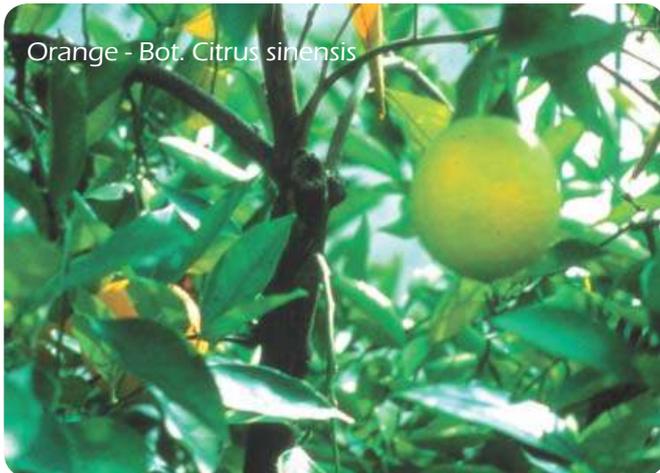
Sehr schnell hat sich deshalb der Geruchssinn zu höchster Leistungsfähigkeit entwickelt und den Geschmack an Bedeutung übertroffen. Auch wenn es nur schwer einzusehen ist, so werden z.B. all die Feinheiten einer guten Küche oder eines edlen Tropfen Weins fast ausschließlich mit dem Geruchssinn wahrgenommen, denn schmecken können wir nur, ob etwas salzig, sauer, süß oder bitter ist. Damit läßt sich gerade eine Banane von einer Essiggurke unterscheiden. Wir sagen zwar vereinfacht in der Umgangssprache meist "das schmeckt", meinen damit aber die Summe aller Empfindungen, die bei oral pharyngealer Stimulation während der Nahrungsaufnahme entsteht. Gerüche greifen auf vielen Ebenen in das Leben der Tiere oder Menschen ein, so dienen sie der Orientierung, der Wahrnehmung, steuern das Sexual- und Sozialverhalten und beeinflussen Stimmungen und Emotionen, ja sogar unseren Hormonhaushalt.

Bislang war nur wenig über den molekularen Hintergrund bekannt, wie wir Geruch wahrnehmen können. Die Komplexität der Geruchswelt ist wohl der Hauptgrund für unser bisheriges Wissensdefizit. Wir können unbegrenzt viele Duftstoffe wahrnehmen und mehr als 10.000 lassen sich - selbst in äußerst geringen Konzentrationen - unterscheiden. Der Geruchssinn ist damit außerordentlich spezifisch und sensitiv, in seiner Komplexität am ehesten mit dem Immunsystem zu vergleichen.

Quelle:

**Prof.Dr.Dr.Dr. med.habil. H. Hatt - Lehrstuhl für Zellphysiologie Ruhr-Universität Bochum
„Molekulare Prozesse der Duftwahrnehmung“**

Vortrag 43.SEPAWA-Kongreß 1996 in Bad Dürkheim



Orange - Bot. Citrus sinensis



Lavendel - Bot. Lavendula angustifolia

Raumdüfte gegen die Angst

Raumdüfte mit Orange und Lavendel reduzieren das Angstgefühl und verbessern die Stimmung in der Zahnarztpraxis

Untersuchung an der neurologischen Universitätsklinik, Medizinische Universität Wien, Abt. für medizinische Statistik, Zahnarztpraxis Dr. Marwinski, Bochum, Universität Witten/Herdecke

Orangen- und auch Lavendelduft – 100 % naturrein in bester Qualität - wirken sich positiv auf die Stimmung von wartenden Zahnarztpatienten aus. Dies erbrachte eine vergleichende Untersuchung von 200 Patienten im Alter von 18 bis 77 Jahren (häufig Männer und Frauen). Die Probanden wurden in vier Gruppen eingeteilt und mit Lavendel- und Orangenöl stimuliert. Auch Musik wurde als Parameter integriert. Die Kontrollgruppe wurde keinerlei Stimulation ausgesetzt.

Die extrem emotionale Situation im Wartezimmer einer Zahnarztpraxis wurde somit für die Untersuchung genutzt: „Wir stellten fest, dass die Patienten, die Orangen- oder Lavendelduft ausgesetzt worden waren, einen niedrigeren Wert situationsspezifischen Angstgefühls hatten, positiver Stimmung waren und höhere Ruhewerte hatten als die Patienten in der Kontrollkondition.“¹

Somit ist wissenschaftlich belegt, dass Düfte in der Lage sind, positiven Einfluss auf Stimmungen zu nehmen. Anhand eines Fragebogens wurden die Probanden außerdem zu den persönlichen Empfindungen „Ruhe“ und „Aufmerksamkeit“ befragt.

Wichtig bei der Verwendung von Raumdüften ist die hervorragende Qualität der verwendeten Essenzen. In der genannten Studie wurden ausschließlich die Öle von Primavera-Life, Marktführer im Bereich 100 % naturreiner ätherischer Öle, verwendet.

¹ Auszug aus Übersetzung des Original-Beitrags „Ambient odors of orange and lavender reduce anxiety and improve mood in a dental office“, „Physiology & Behaviour 86 (2005) S. 92-95, J. Lehrner, L. Deecke (Neurolog. Universitätsklinik Wien), Zahnarztpraxis Dr. G. Marwinski „Angstfrei zum Zahnarzt“, Bochum, S. Lehr (Abt. für med. Statistik, Med. Universität Wien), P. Jöhren Universität Witten/Herdecke), publiziert 24.6.2005



Praxiserfahrungen, aus der Wissenschaft...

Kurzübersicht:

Banane oder Essiggurke?

Auch wenn es nur schwer einzusehen ist, werden z.B. all die Feinheiten einer guten Küche oder eines edlen Tropfen Weins fast ausschließlich mit dem Geruchssinn wahrgenommen. Denn schmecken können wir nur, ob etwas salzig, sauer, süß oder bitter ist. Damit läßt sich gerade eine Banane von einer Essiggurke unterscheiden. Gerüche greifen auf vielen Ebenen des Lebens ein, so dienen sie der Orientierung, der Wahrnehmung, steuern Sexual- u. Sozialverhalten, beeinflussen Stimmungen und Emotionen, ja sogar unseren Hormonhaushalt.
(Prof. Dr.Dr. Hanns Hatt, Ruhr-Universität)

Wir können besser riechen, als wir annehmen.

Wir haben nur etwa ein Zwanzigstel der Riechzellen eines Schäferhundes. Trotzdem konnten Versuchspersonen ohne weiteres einen Stapel getragener Unterhemden in "männlich" und "weiblich" sortieren, wobei sie Hemden vertrauter Menschen recht gut heraus rochen.

Es liegt etwas in der Luft...

Düfte schaffen Atmosphäre. Oder können Sie sich vorstellen, sich an einem übelriechenden Ort zu erholen? Luft ohne ätherische Öle, wenn sie zum Beispiel durch Klimaanlage läuft, ist ohne Leben, ohne Impuls. Die Düfte der Pflanzen sind feine Botschaften an uns, die unsere Sinne und auch Selbstheilungskräfte anregen.

Immobilienverkauf

Jeder Immobilienmakler wird Ihnen bestätigen, dass sich ein Haus, eine Wohnung besser verkaufen läßt, wenn es von einem anheimelnden Duft durchströmt wird.
(Polytechnisches Institut Rennselaer)

Übrigens:

Astronauten im Weltall empfinden es als großes Handicap, dass sie nichts wirklich riechen oder schmecken können!

Wie nehmen wir Gerüche wahr? Und dies oft in geringster Konzentration?

Bislang war nur wenig über die zugrundeliegenden Mechanismen bekannt. Die Erforschung der molekularen Prozesse der Geruchswahrnehmung gehört heute zu den größten Herausforderungen in der Sinnesphysiologie. So läßt sich mittlerweile verfolgen, wie ein chemischer Duftreiz in eine elektrische Zellerregung umgewandelt wird. Dabei wurden spezifische Erkennungs- und Verstärkungspoteine entdeckt, die zu der enormen Leistungsfähigkeit unseres Geruchssinns beitragen.
(Prof. Dr.Dr. Hanns Hatt, Ruhr-Universität)

Lavendel und Orange reduzieren Angstgefühle

Die beruhigende Wirkung von 100 % naturreinem Lavendel- und Orangenöl auf wartende Zahnarztpatienten (200 Patienten im Alter von 18 bis 77 Jahren) wurde in einer Studie der Neurologischen Universitätsklinik Wien in der Bochumer Zahnarztpraxis Dr. Gabriele Marwinski untersucht und bestätigt. Somit wurde wissenschaftlich belegt, dass Düfte in der Lage sind, positiven Einfluss auf Stimmungen zu nehmen.
(Physiology & Behaviour 86,2005, S. 92-95)



Indoor air purification and ventilation systems sanitation with essential oils

M.-C. Pibiri ^{a,*}, A. Goel ^b, N. Vahekeni ^c, C.-A. Roulet ^a

^a *LESO-PB, Swiss Federal Institute of Technologies EPFL, Lausanne, Switzerland*

^b *Indian Institute of Technology (IIT) New Delhi, India*

^c *Laboratory of Microbiology, University of Neuchâtel, Switzerland*

KEYWORDS

Indoor air;
Ventilation systems;
Airborne
microorganisms;
Essential oils

Summary Ventilation systems often host bacteria and fungi that may be dangerous for the health of exposed people. Essential oils are one means among others to prevent microbial development. Used as a basis for many traditional therapies, these odorant plant extracts have been studied extensively in the medical domain and their effectiveness in the treatment of numerous pathologies has been demonstrated. As opposed to most antimicrobial agents currently used for air disinfection, essential oils are low in toxicity. With a view to proposing an indoor air purification method based on the germicidal and odorant properties of essential oils, we selected a pathogenic test strain and followed the AFNOR NF T72-281 standard. This protocol evaluates on a surfaces level, the disinfection efficacy of volatile antimicrobial agents on airborne contaminations such as bacteria, fungi and spores. The protocol was applied to one of the most active essential oils, mountain savory, and also to a solution of formaldehyde at a concentration of 40% called formol, a chemical reference in hospitals. We demonstrated that the gaseous phase of the essential oil of savory has a lethal effect on *Staphylococcus aureus* and it has a satisfying bacteria reduction rate close to the total disinfection achieved with evaporated formol.

© 2006 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Practical implications

In buildings, controlled diffusion of rigorously selected essential oils in volatile form could provide,

following their concentration in time: (1) the prevention of microbial contamination; (2) microbiological sanitation of ventilation systems and disinfection if needed; (3) a contribution to occupant health, welfare and productivity, as odours or smells have an influence on the global perception of indoor air quality beside other parameters like air temperature and humidity.

* Corresponding author. Tel.: +41 21 693 55 77; fax: +41 21 693 27 22.

E-mail address: marie-cecile.pibiri@epfl.ch (M.-C. Pibiri).

Introduction

Many studies (Bluyssen et al., 2002; Flückiger, 1999; Burge, 1995) have shown that numerous germs, bacteria, fungi and moulds are hosted in mechanical ventilation systems and consequently distributed throughout the building envelope.

These airborne microorganisms may have negative effects on the health of exposed occupants. This problem may be particularly acute in hospitals, where exposed people are more sensitive to these forms of microbiological contamination (Bardana and Anthony, 1996). A recommended way to strongly reduce the presence of microorganisms in ventilation systems is to design them in an appropriate way, and to keep all their parts absolutely clean during the building and exploitation phases (Bluyssen et al., 2002). This is however, seldom done, so that dirt tends to accumulate on the surfaces of mechanical ventilation systems and they may host microorganisms.

Extracted from different parts of plants, essential oils have interesting characteristics. They have been well studied for therapeutic uses. Depending on their composition they have antibacterial, antifungal, antiviral, sedative, antispasmodic and anti-inflammatory effects, among others (Franchomme and Pénoël, 1990; Schnaubelt, 1998; Baudoux, 2000). Some essential oils inhibit the metabolic functions of microorganisms, such as growth and multiplication (Hermal, 1993; Dusart, 1998). Studies have also shown that certain components have lethal effects on microorganisms (Carson and Riley, 1995; Helander et al., 1998; Cox et al., 2000; Lambert et al., 2001; Kunle, 2003; Walsh et al., 2003). On the other hand human tolerances to these essential oils are well described based on experimental data. Allergic reactions or toxic effects are mostly due to improper uses, such as doses of too high concentration or exposure. Besides, these side effects happen mostly through skin contact or ingestion, which is easily avoidable in practice (Pibiri, 2005). As the research on essential oils is very much centred on medical and pharmaceutical applications, methods described to show their activity are mainly based on liquid phase contact. Although air applications through the use of the vapour phase of essential oils have been commonly used and no diffusion restrictions have been officially emitted, scientific studies are scarce. Furthermore, of those surveys that have been conducted, the results are not comparable because of the diversity of the protocols applied. Actually, the vapour activity of essential oils is determined by the "microatmospheric method", an extension

of the agar diffusion protocol called "aromatograms" (antibiograms with essential oils) (Belai-che, 1979). This method is very useful for a first screening to select active essential oils on specific microorganisms (Pibiri, 2005). Its quantitative interpretation is however difficult, and it is not suitable for large scale application because these experimental conditions are too far from those found in ventilation systems. Recent studies were conducted in larger volumes bioreactors (from 1.3 to 16 litres) with encouraging results (de Billerbeck, 2000; Inouye, 2003a,b). In both cases, the microorganisms were lying on a nutrient medium that does not reproduce the situation in building environments. As a complete approach to the indoor air microbiology and the use of essential oils as antimicrobial agents, we propose the following method.

Method

To demonstrate the activity of the gaseous phase of the essential oils, we selected the French standard NF T72-281: Methods of airborne disinfection of surfaces. Determination of bactericidal, fungicidal and sporicidal activity (AFNOR, 1986). The experiments consist of establishing and quantifying the disinfection potential of an antimicrobial agent transferred on surfaces from the vapour phase, in conditions close to reality, after a given time and under controlled temperature and humidity conditions. The protocol¹ consists of two distinct steps. Inert and sterile supports (watch glass in our case) are exposed to essential oils vapours for a certain period of time in an airtight bioreactor. After an established contact time, each watch glass is taken out and dropped in a reference bacteria solution (given concentration). Further tests can only be performed if the bacteria concentration in each solution remains constant. The preliminary attempts are essential to check if the standards' protocol can be followed with the antimicrobial agents tested. They are meant to check for a possible residual activity of antimicrobial agent that could interfere during the protocol manipulations, with the measured effects in the tests.

The second step is the actual test. The experiments are similar to the preliminary ones, except that the selected microorganisms are immobilised on the glass watches, which are dropped after a given contact time in a sterile solution. The enumer-

¹ Available from the web site of the AFNOR (www.afnor.fr).

ation of this solution gives the number of remaining bacteria after the disinfection process.

The disinfection level achieved is expressed by the logarithmic reduction rate d , given by the following equation:

$$d = \log n_{ref} - \log n_{ex} \quad (1)$$

where:

n_{ref} is the average concentration [UFC/ml] of colonies extracted in a saline solution from the reference supports.

n_{ex} , is the average concentration [UFC/ml] of colonies extracted in a saline solution from the exposed supports. The extraction is supposed to be total and the remaining bacteria on the support are neglected.

Material

The reactor for these experiments (Fig. 1) is a 7 litres airtight and sterilised polycarbonate box. Bacterial inoculums are placed on inert supports (sterilised oil free watch glasses, diameter 40 mm) which are placed face down on a specially made aluminium support. This support is placed under sterile conditions in a bioreactor and exposed during different contact times (from 2 h to 4 h) to the vapour of the antimicrobials agents diluted in sterile air. Vapour phases are the result of the partial evaporation of 50 micro-litres from the antimicrobial agents, dropped in liquid phase on filters papers (diameter 50 mm) and held in

front of a small 6 V fan to achieve a quick evaporation (and homogenisation of the air) in the bioreactor. Inside temperature and relative humidity are kept around 21 °C and 50%, respectively, following the atmospheric conditions provided by the climatic system of the laboratory (the stability of which was verified in advance).

Bacterial strain and suspension media

A test strain recommended by European standard EN 1040-a bactericidal effect corresponding to the first level of disinfection-(CEN, 1997) was selected for the experiments: *Staphylococcus aureus* (DMS 799, ATCC 6538). Cultures were replicated and enumerated on Tryptone Soja Agar (TSA, Oxoid). Microbial suspensions diluted in sterile saline solution (NaCl 0.85% w/v) were adjusted to an optical density of 0.2 ± 0.05 (WPA Biowave Cell Density Meter, CO8000) in order to obtain 10^9 cells/ml inoculums. An adjunction of Tryptone Soja Broth (TSB, Oxoid) 1/5 (v/v) was added to preserve bacteria from desiccation during the experiences.

Antimicrobials

More than 60 essential oils were pre-tested for their bactericidal properties with the aromagrams and microatmospheric methods. Among those, we selected a high phenolic (carvacrol 47%, thymol 2%) essential oil, mountain savory (*Satureja montana*, Aries S.A.). A solution of formaldehyde 40% (Fluka

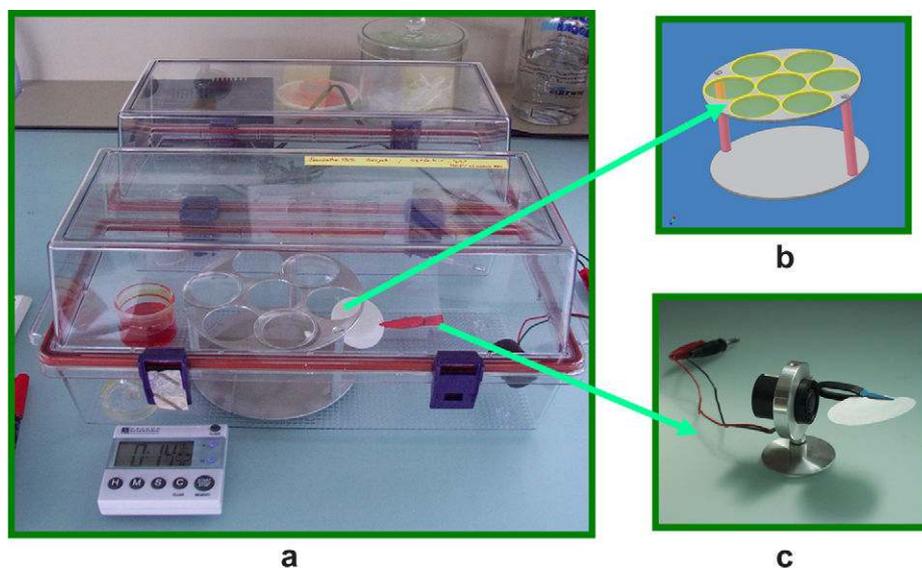


Figure 1 The bioreactor (a) with details of the aluminium watch glass support (b) and of the evaporation system (c).

47629) commonly called formol was the chemical reference used for the tests.

Results

The preliminary attempts showed that there was no remaining activity of possible traces of essential oils adsorbed on the inert supports so the experiments could be continued.

The contact time of 240 min was divided by two in order to check the activity after a shorter time. Results (Table 1) show that formol has a total bactericidal activity after 120 and 240 min, while for the savory, viable bacteria still remain. After a contact time of 120 min the concentration of bacteria is 94 [UFC/ml] and only 0.5 [UFC/ml] after 240 min. In this case, the disinfection rate $d = 5.3$ is superior to the minimum of 5 required to comply with the French Standard NF 72-281 for bactericidal activity. Table 2 shows the corresponding concentration needed in the bioreactor to achieve disinfection for both formol (total evaporation) and savory (partial evaporation) in a 2 h contact. The formaldehyde concentration is 2.7 higher than the savory.

Discussion

The formaldehyde concentration required for total disinfection is 1500 to 3250 ppm for 2 h time contact fumigation (Fleurette et al., 1995). On a comparative basis, outdoor formaldehyde concentrations are very low from 24 to 480 ppb, and human death occurs in 10 min at a concentration of

150 ppm. Although formaldehyde air diffusion is considered to be the most efficient disinfection process available, because of its large spectra activity and its excellent air penetration, it is corrosive and toxic. Any manipulation needs a final and total neutralisation with specific agents like ammoniac (which poses certain risks). For these reasons it is no longer used for hospital disinfection in France or in Switzerland. As the concentration of 1900 ppm applied in our tests is inappropriate for use in the presence of humans, the use of savory is interesting. As mentioned above, essential oils are mostly non toxic. The oral LD₅₀ data available are between 2 to 5 and >5 g/kg (oral LD₅₀ formaldehyde 260 mg/kg) and to the authors' knowledge there is no indoor diffusion restriction for Europe. The threshold exposition values are limited by the olfactive perception of essential oils and their tolerance in occupied areas, 700 ppm being a high concentration but still bearable for a short period of time. A wider screening of bacteria and moulds should give a better knowledge of the potential of selected essential oils in air diffusion. It is intended to expose more pathogenic microbial strains to various concentrations of selected essential oils and oil mixes. As essential oils have rather high boiling points it would be interesting to check for their surface adsorption and investigate the minimal concentrations to avoid specific microorganisms' proliferation and contamination of larger areas.

Although we presented a disinfection method, the final aim of this project is not to sterilize volumes but to reduce the indoor air contamination level and prevent microbial proliferation on surfaces. Concentrations will be optimised for this purpose on further experimentation in a climate

Table 1 Disinfection rate at different contact times

Contact	Reference (UFC ^a /ml)			Savory (UFC/ml)				Formol (UFC/ml)			
	<i>n</i> ^b	Mean	SD	<i>N</i>	Mean	SD	<i>d</i>	<i>N</i>	Mean	SD	<i>d</i>
120 min	2	42,500	1000	2	94	10	4.6	2	0	—	tot ^c
240 min	4	44,600	2000	4	0.5	0.7	5.3	4	0	—	tot

^a Unit forming colonies.

^b Number of experiences.

^c Total disinfection.

Table 2 Disinfection concentration of bactericidal agents at 21 °C

	MW (g/mole)	Density (g/cm ³)	Volume evaporated (liquid) (μl)	Volume (gas) (l)	Concentration (ppm)
Formol ^a	30	0.81	50	7	1900
Savory	145.7	0.89	35	7	700

^a Formaldehyde 40%.

chamber and subsequently verified in real ventilation systems. Potential applications include ventilation systems, offices, shopping malls, closes spaces and also retirement homes, schools and even hospitals.

Conclusions and implications

To test the effectiveness of essential oils at reducing bacteria contamination, we propose a standardised method using 7 litre bioreactors (Pibiri, 2005) in applying the French Standard AFNOR NF T72-281 protocol used to assess the efficiency of disinfectants in hospital areas on pathogenic strains. The germicide effect of essential oils by direct contact in solid or liquid media is rather well known. The effects of the vapour phase were determined only on a fungus, *Aspergillus niger*. We designed experimental set ups and have chosen a procedure and standard strains to assess the effect of essential oil and oil mixes on a pathogenic Gram-positive strain, *Staphylococcus aureus*. Essential oils at a convenient concentration in air are relatively well accepted by occupants, since they are naturally derived. They may even have a positive impact on occupant's well being, because of this pleasant odour. Furthermore, due to the potential condensation on the ventilation system surfaces, the resultant condensation may also include bacteriostatic and bactericidal effects.

Acknowledgements

The Swiss National Science Foundation supports this study with the Grant No.: 2134-065867. The authors also cheerfully thank Aries S.A. and Christophe Perret-Gentil for the essential oils.

References

- AFNOR NF T 72-281 Procédés de désinfection des surfaces par voie aérienne. AFNOR. Paris, 1986.
- Bardana EJ, Anthony MJ. Indoor air pollution and health. Clinical allergy and immunology, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data New York, Basel, Hong Kong, 1996.
- Baudoux D. Antiviral and Antimicrobial properties of essential oils. 2000.
- Belaiche, P. L'aromatogramme. Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. M.S.A. Editeur. Paris. tome 1, 1979.
- Bluyssen PM, Cox C, et al. Why, when and how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? The

- European AIRLESS project. Building and Environment 2002;38:209–25.
- Burge HA, editor. Bioaerosols. Indoor Air Research Series. Lewis Publisher; 1995.
- Carson CF, Riley TV. Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Malaleuca alternifolia*. J Appl Bacteriol 1995;78:264–9.
- CEN. Norme EN 1040 - Antiseptiques et désinfectants chimiques - Activité bactéricide de base - Méthode d'essai et prescriptions (phase 1). CEN et AFNOR. Brussel et Paris, 1997.
- Cox SD, Mann CM, et al. The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). J Appl Microbiol 2000;88:170–5.
- de Billerbeck G. Activité fongique de l'huile essentielle de *Cymbopogon nardus* sur l'*Aspergillus niger*. Evaluation d'un bioréacteur pour l'étude de l'effet inhibiteur des substances volatiles en phase vapeur. Faculté des sciences pharmaceutiques, Institut national polytechnique de Toulouse, 2000.
- Dusart G. Evaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles. 17 èmes Journées Internationales des Huiles Essentielles et Extraits, Digne les Bains, Rivista Italiana EPPS, 1998.
- Fleurette JJ. Freney, et al. Antiseptie et désinfection. Editions ESKA Paris, 1995.
- Flückiger B. Beurteilung der mikrobiellen Exposition in Wohnungen und Lüftungsanlagen. Naturwissenschaft, Eidgenössischen Technischen Hochschule 1999;117.
- Franchomme PD, Pénéol D. (1990). Fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. L'aromathérapie exactement. Limoges, 1990.
- Helander IM, Alakomi H, et al. Characterisation of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. J Agric Food Chem 1998;46:3590–5.
- Hermal C. Activité bactériostatique de sept émulsions d'huiles essentielles et de deux associations d'émulsions d'huiles essentielles. Faculté de Pharmacie, Université de Montpellier, 1993.
- Inouye S. Laboratory evaluation of gaseous essential oils (Part 1). Int J Aromatherapy 2003;13:95–107.
- Inouye S. Laboratory evaluation of gaseous essential oils (Part 2). Int J Aromatherapy 2003;13:173–84.
- Kunle O, Okogun J, et al. Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. Phytomedicine 2003;10:59–61.
- Lambert RJW, Skandamis PN, et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. J Appl Microbiol 2001;91:453–62.
- Pibiri M-C. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Faculté Environnement Naturel et Construit, Ecole Polytechnique Fédérale, 2005.
- Schnaubelt K. Advanced aromatherapy, the science of essential oil therapy. Vermont: Healing Arts Press, Inner Traditions International; 1998.
- Walsh SE, Maillard J-Y, et al. Activity and mechanisms of action of selected biocidal agents on Gram-positive and -negative bacteria. J Appl Microbiol 2003;94:240–7.

Viel besseres Wohlbefinden bei HP durch naturreine Öle auf den Messen!



Aufgrund der hohen Krankheits- und Ausfallzeiten der Mitarbeiter nach Messen wurden beim Böblinger Computerhersteller Hewlett Packard 1998 Überlegungen angestellt, wie man hier Abhilfe schaffen könnte. Insbesondere Infekte der Atemwege plagten die Mitarbeiter. Manfred Markward, damaliger Marketing-Programm-Manager bei HP, initiierte daraufhin ein Beduftungsprojekt mit reinen ätherischen Ölen von Aromata International (jetzt PRIMAVERA PROAIR). An verschiedenen Stellen des Messestandes wurden mit AROTEC-Beduftungsgeräten die ätherischen Öle mikrofein zerstäubt.

Verwendet wurden in der speziellen Rezeptur vor allem Raumluft reinigende, klärende ätherische Öle, die auch einen motivierenden, belebenden Charakter haben (z. B. Bergamotte, Eisenkraut, Grapefruit, Myrte, Latschenkiefer).

Wissenschaftliche Untersuchungen belegen*, dass durch diese Sprühvernebelung bis zu 98% der Bakterien- und Staphylokokken Kulturen vernichtet werden. Somit sinkt das Infektionsrisiko. Besonders auffällig ist dies, wenn das Immunsystem durch Stress oder Übernachtung bereits geschwächt ist. Hier können ätherische Öle wertvolle Hilfe leisten.

Untersuchung in mehreren Stufen

Neben dem Aspekt „Gesundheit der Mitarbeiter“ sollte auch Wohlfühl-Ambiente für die Besucher geschaffen werden. Denn wer sich wohlfühlt, verweilt auch länger. Dies wurde in einem weiteren Untersuchungsschritt in sog. Besucherlaufmessungen untersucht.

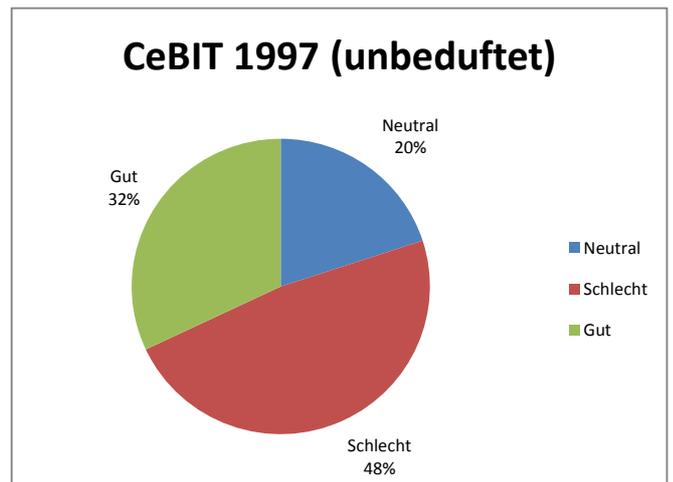
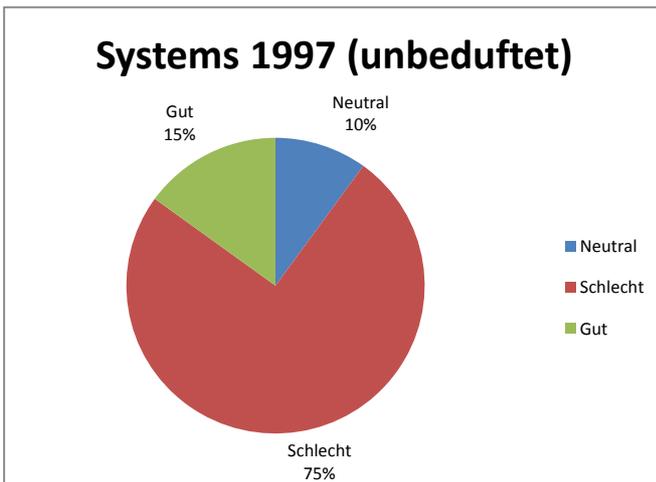


PRIMAVERA®

Folgende Frage wurde den Mitarbeitern gestellt:

„Wie geht es Ihnen, besonders Ihren Atemwegen, während des Messestand-Dienstes?“

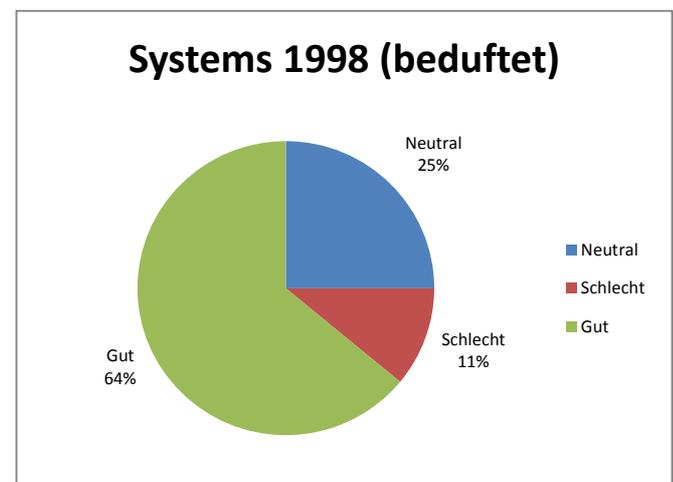
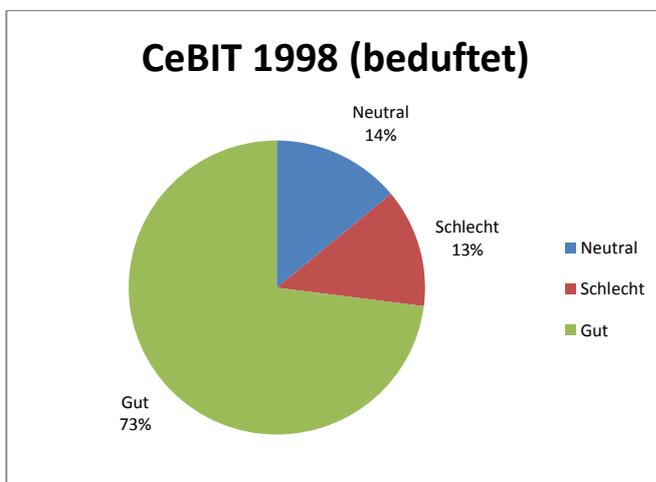
Bereits 1997 hatte man Mitarbeiter-Befragungen auf den Computermessen CeBIT und Systems gemacht. Die Stände waren **unbeduftet**. Ergebnis: auf der CeBIT empfanden fast die Hälfte der Mitarbeiter (ca. 48 %) die Luft als schlecht bekömmlich, auf der Systems waren es sogar ca. 75 %!



Im Vergleich dazu wurden 1998 die Stände **beduftet**:

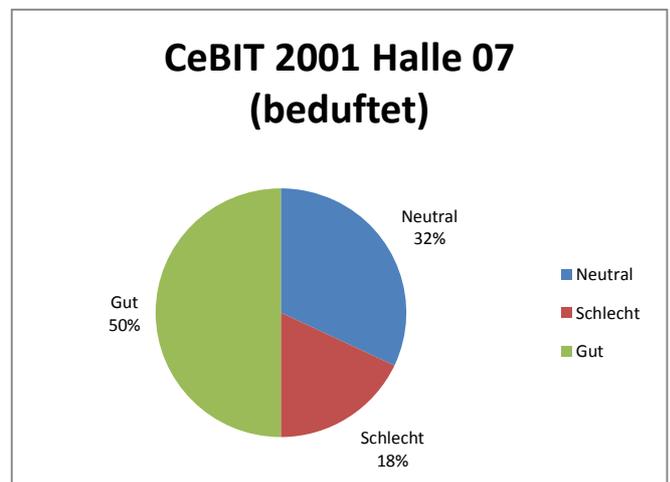
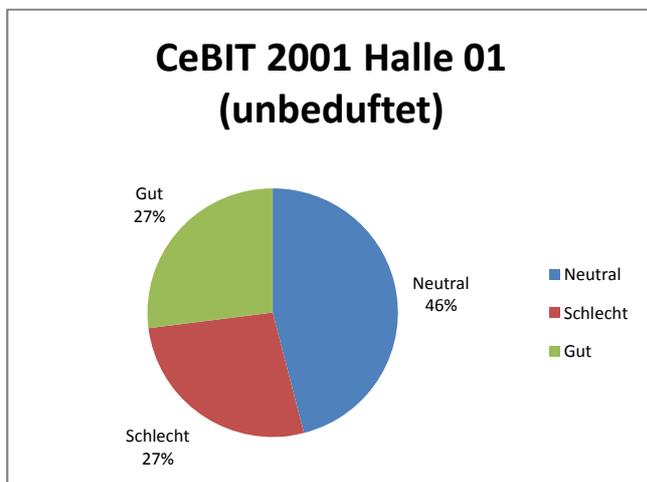
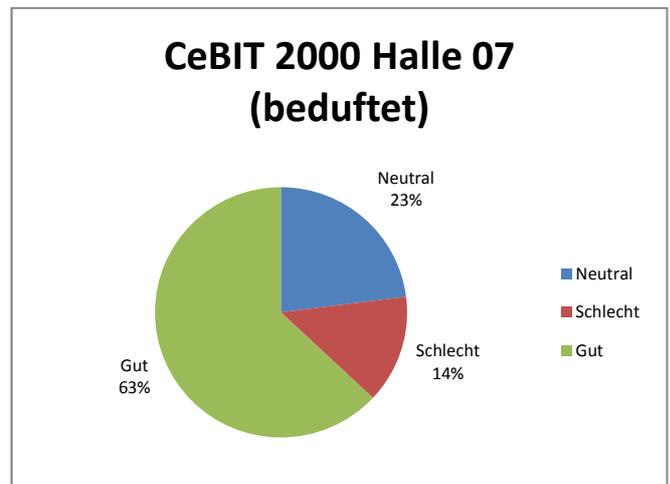
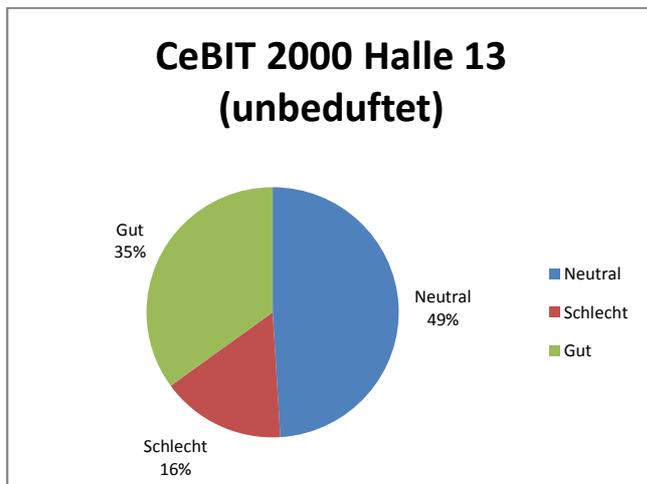
Auf der CeBIT 98 bewerteten über 70 % die Luft als „gut“, nur noch ein Anteil von ca. 13 % als „schlecht“. Auf der Systems ,98 konnte diese Tendenz bestätigt werden. Hier hatte sich das Verhältnis nahezu umgekehrt von ehemals „schlecht bekömmlich“ zu „gut“

In den Folgejahren von 98-2001 wurde die natürliche Beduftung sowohl auf der CeBIT als auch auf der Systems erfolgreich fortgeführt. Die in den Vorjahren gemessene spürbare Raumluftverbesserung wurde bestätigt.



In den Jahren 2000 und 2001 wurden unmittelbar auf der CeBIT zwei verschiedene Messehallen parallel untersucht:

- **Halle 7 – mit Beduftung:**
Das Standpersonal fühlte sich spürbar besser, fand Luftqualität gut (63% bzw. 50%).
- **Halle 13 bzw. 1 – ohne Beduftung:**
Hier fühlte sich jeweils nur 1/3 des Standpersonals gut! (35% bzw. 27 %)



Besucherlaufmessungen:

Auch die Besucher-Frequenz wurde ermittelt, in dem Kunden zu Luftqualität und Wohlfühl-Ambiente befragt wurden. Hier konnte eine längere Verweildauer auf dem bedufteten Stand ermittelt werden.



PRIMAVERA®

FAZIT – Natürliche Aromatisierung lohnt sich!

Die Befragung von über 400 Personen des Standpersonals bestätigte hochsignifikant besseres Befinden der Atmungsorgane bei Beduftung, besonders im Messe-Endspurt.

Die natürliche Beduftung wirkt sich auf 4 Ebenen aus:

- **Gesundheit:** weniger Atemwegsbeschwerden, stabileres Immunsystem beim Standpersonal
- **Personalfolgekosten:** weniger Krankheitsausfälle nach der Messe (Summe der Fehltage lag oh. Beduftung im dreistelligen Bereich, dies konnte deutlich vermindert werden.)
- **Die Kosten der Beduftung amortisierten sich** allein unter diesen Aspekt unmittelbar!
- **Verweildauer:** Kunden bleiben nachweislich länger am Stand dank des Wohlfühlklimas – Duft als Marketing- und Gestaltungstool wirkte somit positiv!

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

PRIMAVERA PRO AIR GMBH
Marion Keller-Hanischdörfer
Marketing & Kommunikation
Naturparadies 1
D-87466 Oy-Mittelberg
Tel.: +49 8366 8988-219
Fax: +49 8366 89884219
Marion.keller@primavera-proair.com
www.primavera-proair.com

*Quellen:

die veröffentlichten Werke von:

- Dietrich Wabner/ Christiane Beier "Aromatherapie - Grundlagen – Wirkprinzipien – Praxis"; München, 2009; **ISBN 978-3-437-56990-6**
- Michaela Steflitsch/ Wolfgang Steflitsch "Aromatherapie – Wissenschaft – Klinik – Praxis"; Wien, 2007; **ISBN 978-3-211-48646-7**



PRIMAVERA®