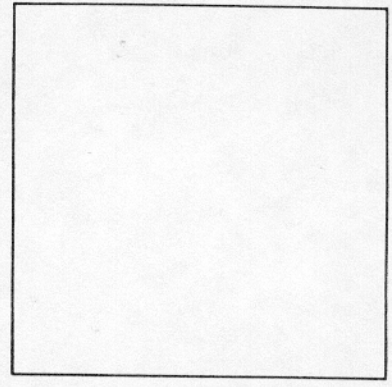


Die CCI Zeitung

für
Fachleute
der
Technischen
Gebäude-
ausrüstung
und
Energie-
anwendung

Clima
Commerce
International

Sonderdruck
Dezember 1985



Bessere Zustände im Raum

Kriterien zur menschlichen Belastung durch Feuchtigkeit in Innenräumen

Von E. M. Sterling, A. Arundel, T. D. Sterling, Vancouver

Die Bestimmung akzeptabler Feuchtigkeitswerte wird dadurch erschwert, daß hohe oder tiefe Feuchtigkeitsgrade, die Geschwindigkeit chemischer Abläufe und die des Wachstums biologischer Organismen und Krankheitserreger, die die Gesundheit und den Lebenskomfort des Menschen gefährden, unterschiedlich beeinflussen. Erstrebenswert wäre eine Ventilation für Büros und Wohnhäuser, die nicht nur als komfortabel empfunden wird, sondern auch das Wachstum von Mikroorganismen und die Geschwindigkeit chemischer Vorgänge, die in großen Konzentrationen zu Belästigung und Krankheit führen können, auf ein Minimum reduziert. Eine Zusammenfassung der Fachliteratur zeigt, daß bei normaler Zimmertemperatur eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 Prozent die menschliche Gesundheit am wenigsten gefährdet. Obschon die gültige ASHRAE Norm einen weit größeren Bereich relativer Luftfeuchtigkeit zuläßt, sollte dieser Bereich verkleinert werden. Dadurch würde der Komfort und die Gesundheit in Gebäuden gefördert.

häute aus, was zu Rissen und Reizungen im Hals und anderen empfindlichen Stellen führen kann (Lubart 1982). Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit verhindert bei großer Hitze eine wirksame Abkühlung des Körpers durch Schwitzen, was zu Erschöpfung oder zu einem Hitzschlag und möglicherweise sogar zum Tod führen kann (Cole 1983).

Die Luftfeuchtigkeit beeinflusst auch das Wachstum biologischer Organismen sowie die Entstehung schädlicher chemischer Substanzen, die häufig in der Innenluft von Gebäuden vorkommen und durch Ventilation, Befeuchtung und Klimatisierung verbreitet werden. Viele dieser Organismen und die Produkte verschiedener

Ein bestimmter Feuchtigkeitsgrad ist notwendig, um akzeptable Verhältnisse für die Gesundheit und Komfort des Menschen zu schaffen. Wie z. B. die Temperatur, wirkt sich auch ein zu

hoher oder zu tiefer Feuchtigkeitsgrad negativ auf die menschliche Gesundheit und dessen Komfort aus. Eine niedrige relative Luftfeuchtigkeit trocknet die Haut sowie die Schleim-

Dieser Artikel wurde auf der Ashrae-Tagung Chicago 1985 vorgetragen. Die Übersetzung erfolgte dankenswerterweise mit freundlicher Unterstützung der Firma Defensor, Zürich, sowie der Condair AG, Münchenstein. Sie wurde im Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich von Mitarbeitern Prof. Dr. Wanners vorgenommen.

chemischer Reaktionen verursachen Unbehagen und sogar Krankheit. Die Wachstumsrate dieser Organismen und die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen sind abhängig vom herrschenden Feuchtigkeitsgrad und von der Temperatur. Darum sollte die Ventilation in Büros und Wohnungen den Feuchtigkeitsgrad (und die Temperatur) auf ein Niveau bringen, das das Wachstum von Krankheitserregern und die Entstehung von schädlichen Chemikalien möglichst klein hält.

Damit wir einen optimalen Feuchtigkeitsbereich definieren können, wird in diesem Artikel die bestehende Literatur über Gesundheitsaspekte verschiedener biologischer und chemischer Wechselwirkungen besprochen. Wirkungen der Feuchtigkeit (mit normalen Innentemperaturen zwischen 19 °C und 27 °C) werden für die folgenden drei Gruppen diskutiert.¹⁾

1. Biologische Verunreiniger, wie Bakterien, Viren, Pilzen, Milben.
2. Krankheitserreger, welche Atembeschwerden verursachen, wie Infektionen der Atemwege, allergische Rhinitis und Asthma und Überempfindliche Pneumonitis.
3. Chemische Wechselwirkungen, wie die Produktion von Ozon.

Biologische Verunreiniger

Die relative Luftfeuchtigkeit und die Kondensation an Oberflächen, bildet ein guter Nährboden für biologische

Verunreiniger wie Bakterien, Viren, Pilze und Milben.

Bakterien: Bakterien verunreinigen beinahe immer die Luftbefeuchter und die Klimaanlage vor allem die Wasserzerstäuber und die Verdunster (Crowley 1978; Rosenzweig 1970). Im Aerosol eines Wasserzerstäubers wurden die folgenden Verunreiniger festgestellt: Staphylococcus Aureus (Airoldi und Litsky 1972), Pseudomonas Aeruginosa (Cartwright und Hargrave 1970), Enterobacter Arten (Covelli et al. 1973) und Acinobacter Arten (Smith und Massinari 1977). Die Verdunster sind öfters verunreinigt, erzeugen aber weniger²⁾ Aerosol (Bamert und Roth 1974; Burge et al 1980; Covelli et al 1973). Legionella Arten wurden des öfteren in Klimaanlage und Luftbefeuchtern von öffentlichen Gebäuden festgestellt (Imperato 1981). Sekla et al. (1982) fand diese Bakterien in einem Luftbefeuchter in Manitoba.

Verschiedene Arten von Bakterien einschließlich Escherichia Coli, Aerobacter Aerogenes und Mycoplasma Gallisepticum bevorzugen eine relative Luftfeuchtigkeit kleiner als 40 Prozent (Hambleton 1970; Wright et al 1968). Andere Arten von Bakterien einschließlich Serratia Marcescens und E. Coli bevorzugen eine relative Luftfeuchtigkeit höher als 40 Prozent (Cox 1966).

Mycoplasma Laidlawii bevorzugt eine sehr hohe oder sehr tiefe relative

Luftfeuchtigkeit über 75 Prozent oder aber unter 25 Prozent (Wright et al.).

Für eine Kombination verschiedener Bakterien, die entweder eine hohe relative Luftfeuchtigkeit oder eine tiefe relative Luftfeuchtigkeit oder beides bevorzugen, sollte ein mittlerer Bereich von 30 Prozent bis 60 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit das Wachstum bakterieller Kolonien klein halten.

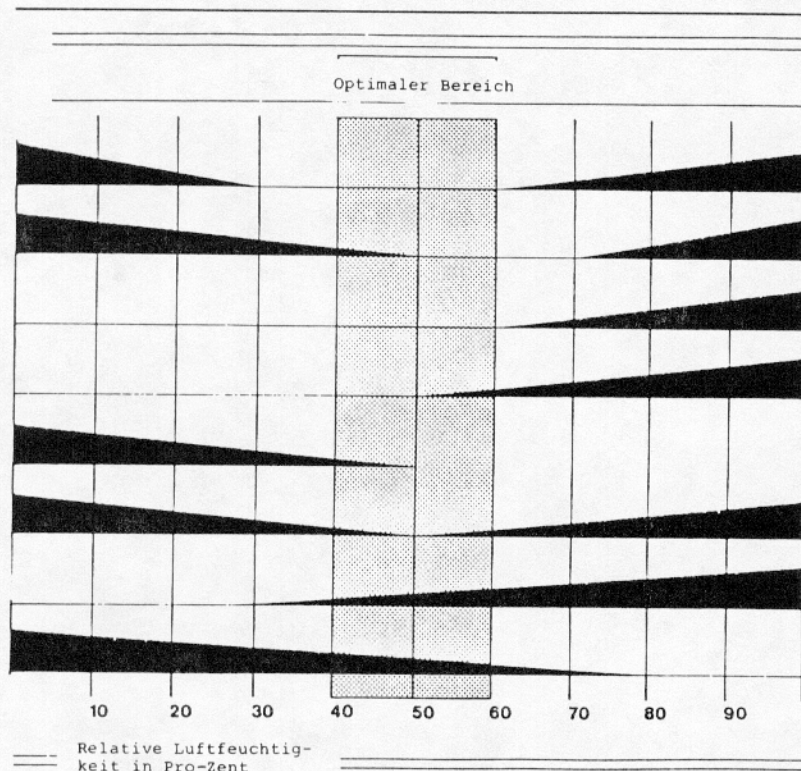
Viren: Vaccina Virus, venezuelanischer Equine Encephalitis Virus (Harper 1961), Influenza Virus (Hemmes et al.) 1960; Harper 1961; Songer 1967), Para Influenza Virus (Johanson 1967), und andere Myxoviren (einschließlich Masern) überleben besser in Luft mit niedriger relativer Luftfeuchtigkeit (weniger als 50 Prozent). Polio Virus (Hemmes et al. 1960, Songer 1967) und Herpes Virus (Songer 1967) überleben länger in einer relativen Luftfeuchtigkeit größer als 50 Prozent. Adeno Virus, welcher akute Infektionen der Atemwege verursachen kann, bevorzugt eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 70 Prozent und 80 Prozent.

Eine Kombination der oben genannten Viren ergibt einen mittleren Bereich von 50 Prozent bis 80 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit, in dem Virenkolonien nur spärlich wachsen.

Pilze: Das Wachstum von Pilzen im Innern von Häusern ist eines der meist verbreiteten Probleme, das durch die Innenluftfeuchtigkeit entstehen kann. Jedes nasse, organische Material fördert das Wachstum von Pilzen. Nasse Wände, Leder, Baumwolle, Papier, feuerfeste Materialien, Isolierung, Möbelfüllungen, Teppiche und Eßwaren sind Materialien, auf denen ein Wachstum von Pilzen festgestellt wurde (NAS 1981).

Eine Studie von Solomon (1976) zeigte einen Zusammenhang zwischen Pilzen in der Innenluft und der relativen Luftfeuchtigkeit. In 92 Prozent der 50 getesteten Häusern fand man Penicillium Arten, in 81,2 Prozent fand man Cladosporium, in 75,9 Prozent Rodotorula und in 31,3 Prozent Aspergillus. (vgl. auch Ackerman et al. 1969; Benson et al. 1972; Flensburg und Sansoe-Jensen 1950; und Sterling et al. 1982).

Wasserzerstäuber zeigten sich als mögliche Quellen für die Verunreinigung der Luft (Burge et al. 1980) durch Micropolyspora Arten (Banaszak et al. 1974; Fink et al. 1971), Alternaria, Peni-



Optimale Luftfeuchtigkeitsbereiche für die menschliche Gesundheit.

Abb. Sterling

1) Diese Besprechung basiert auf einem Schriftstück über Feuchtigkeit und dessen Wirkung auf Hausbewohner, das speziell für das Environmental Health Directorate, Health and Welfare Canada (Theodor D. Sterling Ltd. 1984), vorbereitet wurde.

2) Unserer Meinung nach: „in den meisten Fällen kein Aerosol“ (Defensor)

cillium, Mucor und Aspergillus (Airoldt und Litsky 1972), und Hormodendrum, Ustilago, Rodotorula und Cryptococcus (Hdges et al. 1974).

Das maximale Wachstum der Pilze liegt bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von über 95 Prozent; unter 80 Prozent ist beinahe kein Wachstum mehr feststellbar (Landecker 1972).

Milben: Murray und Zuk (1979) demonstrierten einen ausgeprägten Jahreszyklus zwischen dem Vorkommen von Haus-Milben Dermatophagoides und der relativen Luftfeuchtigkeit. Im Winter und mit weniger als 50 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit fand man keine Milben. In anderen Studien fand man Milben während des ganzen Jahres, doch im Winter waren es weniger (Vann Bronswijk 1973; Arlian et al. 1978). Korsgaard (1983) fand anhand einer Studie, in der 50 dänische Wohnungen untersucht wurden, daß eine kleine relative Luftfeuchtigkeit (unter 38 Prozent) im Winter die Anzahl Milben für das ganze Jahr reduziert.

Die Anzahl der Milben in Innenräumen scheint direkt von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig zu sein; bei über 60 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit steigert sich aber das Wachstum der Milben in Innenräumen.

Krankheitserreger, die Erkrankungen der Atemwege verursachen

Die Wechselwirkung zwischen relativer Luftfeuchtigkeit und biologischen Luftverunreinigern, die entweder natürlich oder künstlich durch Belüftungs- oder Klimaanlage (mit Befeuchtung) versprüht werden, ruft hauptsächlich die Häufigkeit von Infektionen der Atemwege und Allergien hervor.

Infektionen der Atemwege: In Nordamerika erkrankt eine Person etwa einmal pro Jahr an einer Infektion der Atemwege, wobei die Kinder und die älteren Leute davon öfters und stärker betroffen sind (NCHS 1975; Hinkle und Murry 1981). Eine Anzahl von epidemiologischen Studien haben gezeigt, daß Bewohner von Häusern mit mittlerer relativer Luftfeuchtigkeit weniger an Infektionen der Atemwege erkranken, als in Häusern mit niedriger Luftfeuchtigkeit.

Für Bewohner mit luftbefeuchteten Wohnungen stellten Gelperin (1973), Green (1975, 1979, 1982), Ritzel (1966), Sale (1972) und Serati und Wuthrich (1969) eine statistisch signifikante Verminderung von Infektionen der Atemwege fest. In einer Studie fand Green (1975), daß die Absenzen von Kindern abnehmen (statistisch nicht signifikant), sobald die Schulräume luftbefeuchtet sind. Gurben (1978) und Sataloff und Menduke (1963) ent-

deckten aber einen Zusammenhang zwischen der Abwesenheit (Arbeit) von Leuten und der Luftbefeuchtung. (Diese Resultate waren aber statistisch auch nicht signifikant). Aus diesen Resultaten läßt sich darum schließen, daß Infektionen der Atemwege durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit vom tiefen zum mittleren Bereich (40–50 Prozent) weniger häufig vorkommen.

Der Grund für die Verminderung von Infektionen der Atemwege ist nicht bekannt. Man nimmt aber an, daß durch den erhöhten Niederschlag von Aerosols bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit weniger Bakterien und Viren überleben. Sale (1972) stellte z. B. fest, daß die Anzahl der auf Nährbodenplatten wachsenden Bakterienkolonien sich bei einer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit im Schulgebäude von 31,4 Prozent auf 51,4 Prozent, von einem Durchschnitt von 2029,4 auf 256,8 Kolonien pro Platte, verminderten. Andere glauben, daß das Austrocknen der Schleimhäute in der Nase und im Hals, verursacht durch eine tiefe relative Luftfeuchtigkeit, das Risiko einer Infektion der Atemwege erhöht. Man nimmt an, daß der Schleim (in der Nase und im Hals) Infektionen verhindert, indem dieser die verunreinigten Aerosole, bevor sie die Lunge erreichen, abfängt (Goromov 1968; Lubart 1962).

Es scheint, daß mit einem Anstieg von 0 Prozent auf 50 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit, weniger Infektionen der Atemwege vorkommen. Man weiß aber nur wenig über die Wirkung auf die Atemwege einer Luftfeuchtigkeit größer als 50 Prozent.

Allergische Rhinitis und Asthma: Diese beiden Reizungen werden manchmal als dieselbe Krankheit, aber mit verschiedenen Erscheinungsformen, betrachtet (Pederson und Rung-Week 1983). Etwa 20 Prozent der Bevölkerung sind davon befallen (Broder et al. 1962; Dodge und Burrows 1980; NIH 1976).

Pilze und Insekten wie z. B. Milben, verursachen allergisches Asthma sowie allergische Rhinitis (Fink et al. 1971a; Fink et al. 1976; NIH 1976). Das Wachstum dieser Organismen wird durch eine hohe relative Luftfeuchtigkeit begünstigt. Pilze, die mit allergischer Rhinitis und Asthma im Zusammenhang stehen, stammen von Arten Alternaria, Cladosporium, Aspergillus, Mucor, Rhizopus und Merulius (Gravesen 1979). Verschiedene Pilz- und Bakterienarten können auch überempfindliche Pneumonitis, eine allergische Reaktion der Lunge von Nicht-atopikern verursachen (Pepys 1977). Die vorteilhafte Wirkung einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit auf Asthma und Allergien wurde von den Ärzten

schon lange erkannt. Deshalb empfehlen sie auch den Gebrauch von Luftbefeuchtern. Man glaubt, daß eine hohe relative Luftfeuchtigkeit eine Reduktion der schwebenden Partikel verursacht und eine direkte Verminderung der asthmatischen Lungenverstopfung bewirkt (Sale 1971). Hingegen können sich Organismen wie Pilze und Hausmilben, die Asthma verursachen können, bei hoher Luftfeuchtigkeit besser vermehren. Solomon (1974) fand in seiner Studie über Asthmatiker und ihre Wohnverhältnisse, daß Luftbefeuchter, die auf Anweisung eines Arztes installiert wurden, öfters mit den Pilzen Rhodotorula, Penicillium, Aspergillus und Oospora verunreinigt waren. Solche Verunreinigungen könnten die Symptome, die man eigentlich mit der Luftfeuchtigkeit lindern wollte, noch verstärken.

Für eine gewisse Gruppe von Leuten besteht ein größeres Gesundheitsrisiko, wenn sie einer hohen (über 60 Prozent) oder niedrigen (unter 30 Prozent) relativen Luftfeuchtigkeit ausgesetzt sind. Eine niedrige relative Luftfeuchtigkeit bewirkt ein erhöhtes Gesundheitsrisiko für Asthmatiker (Strauss et al. 1978), Allergiker und Neugeborene (Robertshaw 1981) sowie für Ältere, die eher von einer Infektion der Atemwege befallen werden (Berkow 1982; Robertshaw 1981). Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit erhöht das Risiko für Allergiker. Weiter sind Leute mit einem schlecht funktionierenden thermischen Regulationssystem, wie z. B. ältere Leute und Herzkranke, durch eine Kombination von hoher Temperatur und hoher relativer Luftfeuchtigkeit einem erhöhten Risiko ausgesetzt (Burch und Hyman 1957).

Eine relative Luftfeuchtigkeit im Bereich von 40 Prozent und 60 Prozent scheint für Asthmatiker optimal zu sein.

Chemische Wechselwirkungen

Verschiedene Chemikalien, die man in Wohnungen findet, produzieren durch ihre Wechselwirkung mit Wasserdampf Substanzen, die Atemwege und Haut reizen. Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit beschleunigt die Ausscheidung von Formaldehyd-Gas aus Bau- und Einrichtungsmaterialien (Gupta et al. 1982; Anderson et al. 1976; IEC Beak 1983; NAS 1981), verbindet sich mit Sulphur Dioxid zu Aerosols, Salzen und Säuren (einschließlich Schwefelsäure und Sulphat Salze) (Alaire et al. 1972; Admur 1974; Small 1983; Sheppard et al. 1981) und verursacht eine erhöhte Reizwirkung durch Geruch, Partikel und Dämpfe wie Acrolein (Small 1983).

Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 30 Prozent steigert sich die chemische Aktivität. Probleme entstehen aber erst bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 50 Prozent.

Produktion von Ozon: Eine tiefe relative Luftfeuchtigkeit fördert die Produktion von Ozon im Hausinnern (Farrell et al. 1979; Müller et al. 1973; Waldbott 1973). Ozon reizt die Schleimhäute der Augen, der Nase, des Rachens und der Atemwege. Es unterstützt als Katalysator auch vielerlei chemische Reaktionen, die Reizmittel und toxische Substanzen (Smog) produzieren (Altshuller 1978). Symptome, ähnlich wie „tight building syndrom“ oder „Hauskrankheit“, die in Büros und in Geschäftshäusern vorkommen, werden wahrscheinlich zum großen Teil vom Smog, dessen Bildung durch Ozon begünstigt wird, verursacht (Sterling und Sterling 1983). Ein sehr hoher Ozongehalt der Raumluft, kombiniert mit schlecht belüfteten Verbrennungsanlagen (z. B. Heizungen), könnte auch in Wohnungen zu Smog-Bildung führen.

Diskussion

Die relative Luftfeuchtigkeit ist eine Funktion der Lufttemperatur. Zusätzlich zu diesem Temperatureinfluß wird die Wahl eines optimalen Bereichs der relativen Luftfeuchtigkeit noch durch die gegenläufige Wirkung einer Erhöhung oder Verminderung der relativen Luftfeuchtigkeit erschwert. So kann z. B. das Risiko einer Infektion der Atemwege durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit reduziert werden sowie eine Linderung für Asthmatiker bewirken. Andererseits kann eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit das Wachstum von Mikroorganismen, die allergische Reaktionen hervorrufen, fördern. Ein optimaler Bereich der relativen Luftfeuchtigkeit sollte darum beide Wirkungen im Gleichgewicht halten.

Ein idealer Luftfeuchtigkeitsbereich sollte die schädliche Wirkung auf die menschliche Gesundheit und auf dessen Komfort sowie die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen und das Wachstum biologischer Verunreinigungen möglichst klein halten.

Figur 1 zeigt eine graphische Zusammenfassung der scheinbaren Verbindung zwischen relativen Luftfeuchtigkeitsbereichen und Faktoren, die die Gesundheit bei normaler Raumtemperatur beeinflussen. Die graphische Darstellung zeigt Balken, deren Breite sich je nach Wirkung verändern (ein dünner werdender Balken zeigt eine Verminderung der Wirkung). Sie vergleicht relative Luftfeuchtigkeitsgrade von 0 Prozent bis 100 Prozent (horizontale Achse) mit (1) biologischen Organismen (Bakterien, Viren,

Pilze und Milben), (2) Krankheitserregern, die die Atemwege beeinflussen (Infektionen der Atemwege, Asthma und Allergien) und (3) chemischen Wechselwirkungen sowie der Ozonproduktion.

Die Bakterien vermehren sich bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von weniger als 30 Prozent und mehr als 60 Prozent. Die Virenkolonie vermehrt sich hingegen bei einer relativen Luftfeuchtigkeit unter 50 Prozent oder über 70 Prozent. Bei tiefer Luftfeuchtigkeit bleibt das Wachstum von Pilzen unproblematisch; bei 60 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit wird das Wachstum feststellbar, beschleunigt sich dann zwischen 80 Prozent und 90 Prozent und steigert sich stark bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 90 Prozent. Milben brauchen eine gewisse Luftfeuchtigkeit zum Überleben. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 50 Prozent scheint das Wachstum von Milbenkolonien zuzunehmen.

Infektionen der Atemwege häufen sich bei einer relativen Luftfeuchtigkeit unter 40 Prozent. Man hat jedoch nur wenige Fakten über die Häufigkeit von Infektionen der Atemwege bei Luftfeuchtigkeiten über 50 Prozent. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 60 Prozent ist allergische Rhinitis vermehrt feststellbar. Asthmatische Anfälle verstärken sich bei Luftfeuchtigkeiten unter 40 Prozent.

Bei relativen Luftfeuchtigkeiten von mehr als 30 Prozent nehmen die meisten chemischen Reaktionen zu, doch die Ozonproduktion verhält sich umgekehrt proportional zur relativen Luftfeuchtigkeit.

Aus den hier zusammengetragenen Daten läßt sich schließen, daß der optimale Luftfeuchtigkeitsbereich bei normaler Raumtemperatur zwischen 40 Prozent und 60 Prozent liegt. Dieser enge Bereich wird auf der graphischen Darstellung schattiert dargestellt. Obwohl dieser (ideale) Luftfeuchtigkeitsbereich die menschliche Gesundheit (im Innern des Hauses) am wenigsten gefährdet, wird es doch immer biologische und chemische Faktoren geben, die die Gesundheit negativ beeinflussen. (N. B. Manche Faktoren, vor allem chemische Reaktionen, sind auch im optimalen Luftfeuchtigkeitsbereich noch feststellbar.)

ASHRAE-Normen wurden seit langem als Leitwerte für behagliche Luftfeuchtigkeitsbedingungen in Räumen verwendet. Bis 1981 (ASHRAE 1966) lag der akzeptable Bereich zwischen 20 und 60 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit. Um Energie zu sparen, wurde im Jahre 1981 die obere Grenze dieses Bereichs auf 90 Prozent erhöht (ASHRAE 1981). Da sich aber in die-

sem Bereich vermehrt schädliche Organismen und Chemikalien ansammeln, sollte die relative Luftfeuchtigkeit auf einen Bereich zwischen 40 und 60 Prozent limitiert werden. Obwohl dieser Bereich viel kleiner ist als die bestehende ASHRAE-Norm (was u. a. auch den Energieverbrauch fördert), würde die Gesundheit und der Komfort in Häusern und Büros um einiges erhöht.

Literaturverzeichnis

- Ackermann, H. W.; Schmidt, B. and Lank, V. 1969. „Mycological studies of the outdoor and indoor air in Berlin.“ *Mykosen*, 12: pp. 309–320.
- Airoldi, T. and Litsky, W. 1972. „Factors contributing to the microbial contamination of cold-water humidifiers.“ *Am. J. Med. Technol.*, 38: pp. 491–495.
- Alaire, Y.; Ulrich, C. E. and Busey, W. M. 1972. „Long-term continuous exposures to SO₂ in cynomolgus monkey.“ *Arch. Environ. Health*, 24: pp. 115–127.
- Altshuller, A. P. 1978. „Assessment of the contribution of chemical species photochemical smog.“ *J.A.P.C.A.*, 28: pp. 594–598.
- Amdur, M. O. 1974. „The long road from Donora.“ *Am. Ind. Hyg. Assn. J.*, pp. 589–597, October.
- Andersen, I.; Lundqvist, G. R. and Molhave, L. 1976. „The effect of air humidity and sulphur dioxide on formaldehyde emissions from a construction material (chipboard).“ *Holzforschung und Holzverwertung*, 28 (5): pp. 120–121.
- Arlian, L. G.; Brandt, R. L. and Bernstein, R. 1978. „Occurrence of house dust mites, *Dermatophagoides* spp. during the heating season.“ *J. Med. Entomol.*, 15: pp. 35–42.
- ASHRAE. 1966. ASHRAE Standard ANSI/ASHRAE 55-1966, „Thermal environmental conditions for human occupancy.“ American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta.
- ASHRAE. 1981. ASHRAE Standard ANSI/ASHRAE 55-1981, „Thermal environmental conditions for human occupancy.“ American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta.
- Bamert, P. and Roth, F. 1974. „Bacterial transmission caused by air humidifiers.“ *Schweiz. Med. Wochenschr.*, 104 (50): pp. 1856–1859.
- Banaszak, E. F.; Barboriak, J. J.; Fink, J. and Scanlon, G. 1974. „Epidemiologic studies relating thermophilic fungi and hypersensitivity lung syndromes.“ *Am. Rev. Resp. Dis.*, 110: pp. 585–591.
- Benson, F. B.; Henderson, J. J. and Caldwell, D. E. 1972. *Indoor-outdoor air pollution relationships, a literature*

- review. U.S. E.P.A. Publication AP-112. Washington, D.C.: U.S. Govt. Printing Office.
- Berkow, R. (ed) 1982. Merck Manual, 14th ed. Sharp and Dome Research Laboratories.
- Broder, I.; Barlow, P. P. and Horton, R. J. M. 1962. „The epidemiology of asthma and hayfever in a total community, Tecumseh, Michigan.“ *J. Allergy*, 33: pp. 513-523.
- Burch, G. E. and Hyman, A. 1957. „Influence of a hot and humid environment upon cardiac output and work in normal man and in patients with chronic congestive heart failure at rest.“ *Am. Heart J.*, 53: p. 665.
- Burge, H. A.; Solomon, W. R. and Boise, J. R. 1980. „Microbial prevalence in domestic humidifiers.“ *Appl. Environ. Microbiol.*, 34 (4): 840-844.
- Cartwright, R. Y. and Hargreave, P. R. 1970. „Pseudomonas in ventilators.“ *Lancet*, 1: p. 40.
- Cole, R. J. 1983. Energy conscious design, the factors influencing the thermal performance and energy requirements of buildings. School of Architecture, University of British Columbia, Vancouver, B.C.
- Covelli, H. D.; Kleeman, J.; Martin, J. E.; Landau, W. L. and Hughes, R. L. 1973. „Bacterial emission from both vapor and aerosol humidifiers.“ *Am. Rev. Resp. Dis.*, 108: pp. 698-701.
- Cox, C. S. 1966. „The survival of *Escherichia coli* atomized into air and nitrogen from distilled water and from solutions of protecting agents, as a function of relative humidity.“ *J. Gen. Microbiol.*, 43: pp. 383-399.
- Crowley, T. P. 1978. „Contaminated humidifiers.“ *J.A.M.A.*, 240: p. 348.
- Dodge, R. R. and Burrows, B. 1980. „The prevalence and incidence of asthma-like symptoms in a general population sample.“ *Am. Rev. Resp. Dis.*, 122: pp. 567-575.
- Farrell, B. P.; Kerr, H. D.; Kulle, T. J. 1979. „Adaptation in human subjects to the effects of inhaled ozone after repeated exposure.“ *Am. Rev. Resp. Dis.*, 119: p. 725.
- Fink, J. N.; Resnick, A. J. and Salvaggio, J. 1971. „Presence of thermophilic actinomycetes in residential heating systems.“ *Appl. Microbiol.* 22: pp. 730-731.
- Fink, J. N.; Banaszak, E. F.; Thiede, W. H. and Barboriak, J. J. 1971a. „Interstitial pneumonitis due to hypersensitivity to an organism contaminating a heating system.“ *Ann. Intern. Med.*, 74: pp. 80-85.
- Fink, J. N.; Banaszak, E. F.; Barboriak, J. J.; Hensley, G. T.; Kurup, V. P.; Scanlon, G.; Schlueter, B. P.; Sosman, A. J. Thiede, W. H. and Unger, G. F. 1976. „Interstitial lung disease due to contamination of forced air systems.“ *Ann. Intern. Med.*, 84: pp. 406-413.
- Flensburg, E. W. and Samsoe-Jensen, T. 1950. „Studies in mould allergy: 3. mould spore counts in Copenhagen.“ *Acts Allergol.*, 3: pp. 49-65.
- Gelperin, A. 1973. „Humidification and upper respiratory infection incidence.“ *Heating, Piping and Air Conditioning*, 45: p. 3.
- Goromosov, M. S. 1968. The physiological basis of health standards for dwellings. Geneva: World Health Organization.
- Gravesen, S. 1979. „Fungi as a cause of allergic disease.“ *Allergy*, 34: pp. 135-154.
- Green, G. H. 1975. „The effect of indoor relative humidity on absenteeism and colds in schools.“ *ASHRAE Journal*, pp. 57-62.
- Green, G. H. 1979. „The effect of indoor relative humidity on colds.“ *ASHRAE Transactions*, 85: pp. 747-757.
- Green, G. H. 1982. „The positive and negative effects of building humidification.“ *ASHRAE Transactions*, 88 (1): pp. 1049-1061.
- Guberan, E.; Dang, V. B. and Sweetnam, P. M. 1978. „L'humidification de l'air des locaux previent-elle les maladies respiratoires pendant l'hiver?“ *Schwiz Med. Wschr.*, 108 (22): pp. 827-831.
- Gupta, K. C.; Ulsamer, A. G. and Preuss, P. W. 1982. „Formaldehyde in indoor air: sources and toxicity.“ *Environment International*, 8: pp. 349-358.
- Hambleton, P. 1970. „The sensitivity of gram-negative bacteria recovered from aerosols, to lysozymes and other hydrolytic enzymes.“ *J. Gen. Microbiol.*, 61: pp. 197-204.
- Harper, G. J. 1961. „Airborne microorganisms: survival tests with four viruses.“ *J. Hyg. (Camb)* 59: pp. 479-486.
- Hemmes, J. H.; Winkler, K. C. and Kool, S. M. 1960. „Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis.“ *Nature (Lond)* 188: pp. 430-431.
- Hinkle, L. E. and Murray, S. H. 1981. „The importance of the quality of indoor air.“ *Bull. N.Y. Acad. Med.*, 57: p. 827.
- Hodges, G. R.; Fink, J. N. and Schlueter, D. P. 1974. „Hypersensitivity pneumonitis caused by a contaminated cool-mist vaporizer.“ *Ann. Intern. Med.*, 80: pp. 501-504.
- IEC Beak Consultants Ltd. 1983. „Indoor air quality, Cambridge sealed homes.“ A report for Ontario Ministry of Municipal Affairs and Housing, IEC Beak, Mississauga, Ontario, October.
- Imperato, P. J. 1981. „Legionellosis and the indoor environment.“ *Bull. N.Y. Acad. Med.*, 57: pp. 922-935.
- Johansson, S. G. O. 1967. „Raised levels of a new immunoglobulin class (Ig.N.D.) in asthma.“ *Lancet*, 2: p. 251.
- Korsgaard, J. 1983. „Housedust mites and absolute indoor humidity.“ *Allergy*, 38: pp. 85-92.
- Lubart, J. 1962. „Common cold and humidity imbalance.“ *N.Y. State J. Med.*, 62: pp. 817-819.
- Moore-Landecker, E. 1972. „Fundamentals of Fungi.“ Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Mueller, F. X.; Loeb, L. and Maper, W. H. 1973. „Decomposition rates of ozone in living areas.“ *Environ. Sci. Technol.*, 7: p. 342.
- Murray, A. B. and Zuk, P. 1979. „The seasonal variation in a population of housedust mites in a North American city.“ *J. Allergy Clin. Immunol.*, 64: pp. 266-269.
- NAS. 1981. „Indoor pollutants.“ Washington, DC: National Academy Press.
- NCHS. 1975. „Acute conditions: Incidence and associated disability.“ July 1973 - July 1974, Vital and Health Statistics Services 10, 102. U.S. DHEW Pub. (HRA), 76-1529. National Center for Health Statistics, U.S. Dept. of Health, Education and Welfare.
- NIH. 1976. „Report of the task force on asthma and the other allergic diseases.“ National Institute of Allergy and Infectious Diseases, National Institute of Health.
- Pedersen, P. A. and Rung-Weeke, E. 1983. „Asthma and allergic rhinitis in the same patients.“ *Allergy*, 38: pp. 25-29.
- Pepys, J. 1977. „Clinical therapeutic significance of patterns of allergic reactions of the lungs to extrinsic agents.“ *Am. Rev. Resp. Dis.*, 1: p. 116.
- Ritzel. 1966. „Ozialmedizinische Erhebungen zur Pathogenese und Prophylaxe von Erkältungskrankheiten.“ *Z. Praventivmed.*, 11: pp. 9-16.
- Robertshaw, D. „Man in extreme environments, Problems of the newborn and elderly.“ In *Bioengineering, thermal physiology and comfort*, K. Cena. ed. New York: Elsevier Scientific Publishing Co.
- Rosenzweig, A. L. 1970. Letter to the editor, *New Engl. J. Med.*, p. 1056, Nov. 5.
- Sale, C. S. 1971. „Humidification during the cold weather to assist perennial allergic rhinitis patients.“ *Ann. Allergy*, 29: pp. 356-357.
- Sale, C. S. 1972. „Humidification to reduce respiratory illnesses in nursery school children.“ *South. Med. J.*, p. 65.

- Sataloff, J. and Menduke, H. 1963. „Humidity studies and respiratory infections in a public school.“ *Clin. Pediatrics*, 2 (3): pp. 119-121.
- Sekla, L.; Stackiw, W.; Barker, R. and Edie, J. A. 1982. „A winter pilot project for Legionella bacilli - Manitoba.“ *Can. Dis. Wk. Rep.*, 8 (26): pp. 331-132.
- Serati, A. and Wuthrich, M. 1969. „Luftfeuchtigkeit und Saison-Krankheiten.“ *Schweiz. Med. Wschr.*, 99: pp. 48-50. Cited in Green, 1979.
- Sheppard, D; Wong, W. S. and Uehora, C. F. 1981. „Lower threshold and greater bronchomotor responsiveness of asthmatic subjects to sulfur dioxide.“ *Am. Rev. Resp. Dis.*, 122: p. 873.
- Small, B. M., Associates. 1983. Indoor air pollution and housing technology. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation.
- Smith, P. W. and Massinari. 1977. „Room humidifiers as the source of Acinetobacter Infections.“ *J. A. M. A.*, 237: pp. 795-797.
- Solomon, W. R. 1974. „Fungus aerosols arising from cool-mist vaporizers.“ *J. Allergy Clin. Immunol.*, 54: pp. 222-228.
- Solomon, W. R. 1976. „A volumetric study of winter fungus prevalence in the air of midwestern homes.“ *J. Allergy Clin. Immunol.*, 57: pp. 46-55.
- Songer, J. R. 1967. „Influence of relative humidity on survival of some airborne viruses.“ *Appl. Microbiol.*, 15: pp. 35-42.
- Sterling, D. A.; Clark, C. and Bjornson, S. 1982. „The distribution of air control systems on indoor distributions of viable particles.“ *Environment International*, 8: pp. 409-414.
- Sterling, E. and Sterling, T. 1983. „The impact of different ventilation levels and fluorescent lighting types on building illness: An experimental study.“ *Can. J. Publ. Health*, 74: pp. 385-392.
- Sterling, Theodor D. Ltd. 1984. Criteria for residential exposure to water vapour, Criteria Section, Environmental Health Directorate, Health and Welfare Canada, Contract 1032.
- Strauss, R. H.; McFadden, E. R.; Ingram, R. H. Deal, E. C. and Jaeger, J. 1978. „Influence of heat and humidity on the airway obstruction induced by exercise in asthma.“ *J. Clin. Invest.*, 61: pp. 433-440.
- Van Bronswijk, J. E. M. H. 1973. „D. pteronyssinus in mattress and floor dust in a temperature climate.“ *J. Zool. Entomol.*, 10: p. 63.
- Waldbott, G. L. 1973. „Health effects of environmental pollutants.“ Ch. 7. In Wallbott, G. L. *Pulmonary Irritants*. New York: C. V. Mosby Co.
- Wright, D. N.; Bailey, G. D. and Hutch, M. J. 1968. „Survival of airborne mycoplasma as affected by relative humidity.“ *J. Bacteriol.*, 95: pp. 251-252. □

Die Autoren dieses Artikels sind E. M. Sterling, Director of Building Research, Theodor D. Sterling Ltd., Vancouver; A. Arundel, Research Associate; T. D. Sterling, Professor, Faculty of Interdisciplinary Studies, Simon Fraser University, Burnaby, Canada.

Reprinted by permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., from ASHARE Transactions 1985, Vol. 91, Part 1B. The views of the author (s) do not necessarily reflect the position of the Society, nor does their publication imply any recommendation or endorsement there of by the Society. □