

„Trockene Luft“ und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie

N. von Hahn

Zusammenfassung In der kalten Jahreszeit treten an Innenraumarbeitsplätzen vermehrt Beschwerden über zu trockene Luft auf. Als Empfehlung wird für Innenräume immer wieder eine relative Luftfeuchte von mindestens 30 % angegeben. Doch woher stammt dieser Wert? Ist dieser Wert auch medizinisch begründet? Im Rahmen einer Literaturstudie, die im Auftrag der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA durchgeführt wurde, sollten diese Fragen geklärt werden, damit in Zukunft fundierte Empfehlungen zur Höhe der relativen Luftfeuchte und zu daraus resultierenden Maßnahmen abgeleitet werden können. Der Beitrag zeigt verschiedene Aspekte zur Auswirkung der relativen Luftfeuchte auf die menschliche Gesundheit – basierend auf den betrachteten und sich zum Teil widersprechenden Studien – auf.

“Dry air” and its effects on health – Results of a literature survey

Abstract Complaints of dry air at indoor workplaces are increasing in the cold season. A relative humidity of at least 30% is often recommended for indoor air. However, what is the source for this value? And what is its medical evidence? In order to clarify these issues the BG Institute for Occupational Safety and Health (BGIA) conducted a literature search on behalf of the German Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (Institution for statutory accident insurance and prevention in the administrative sector). The results allow for deriving well-founded recommendations on the level of relative humidity and resulting measures in future. The article presents different aspects on the effects of the relative humidity on human health – based on the partially conflicting studies considered.

1 Einleitung

In der kalten Jahreszeit treten an Innenraumarbeitsplätzen vermehrt Beschwerden von Beschäftigten über einen trockenen Hals, trockene Haut oder trockene Augen auf. Diese werden mit einer zu geringen relativen Luftfeuchte im Raum in Verbindung gebracht. Landläufig besteht die Meinung, dass durch zu trockene Luft die Schleimhäute der Atemwege ausgetrocknet würden, was deren Widerstandskraft gegenüber Bakterien und Viren herabsetzen würde und wodurch in der Folge die Anfälligkeit für Erkältungskrankheiten ansteige.

Unbestritten ist die Tatsache, dass die Raumluft in natürlich belüfteten Räumen in den Wintermonaten eine deutlich geringere relative Luftfeuchte aufweist als in den Sommermonaten. In Skandinavien erreicht die relative Feuchte im Innenraum in dieser Zeit häufig nur 10 bis 20 % [1]. Ursache hierfür ist der geringe Wassergehalt der zugeführten kalten Außenluft.

Dr. rer. nat. Nadja von Hahn,

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA,
Sankt Augustin.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Wenn Außenluft mit einer Temperatur von -4 °C mit einer relativen Luftfeuchte von 50 % im Innenraum auf 22 °C erwärmt wird, so sinkt der Wert der relativen Luftfeuchte auf 9 % ab. Dies liegt daran, dass warme Luft deutlich mehr Wasser aufzunehmen vermag als kalte Luft.

Doch wo liegt eine noch vertretbare untere Grenze für die relative Luftfeuchte im Innenraum, um negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Beschäftigten vermeiden zu können? Als Empfehlung für den Behaglichkeitsbereich wird häufig eine relative Luftfeuchte von mindestens 30 bis 40 % genannt. Ist diese Grenze medizinisch begründet? Im Rahmen einer Literaturstudie, die auf Veranlassung der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA durchgeführt wurde, sollten diese Fragen geklärt werden, damit in Zukunft fundierte Empfehlungen zur Höhe der relativen Luftfeuchte und zu daraus resultierenden Maßnahmen abgeleitet werden können.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde eine Vielzahl von Studien zu dieser Thematik mit zum Teil widersprüchlichen Ergebnissen veröffentlicht. Diese Studien lassen sich in zwei Arten aufteilen:

- Laboruntersuchungen, bei denen Versuchspersonen bestimmten Klimaverhältnissen in Klimakammern ausgesetzt wurden, und
- Feldstudien, bei denen Personenkollektive, die sich zum einen in befeuchteter Umgebung und zum anderen in nicht befeuchteter Umgebung aufhalten, miteinander verglichen wurden. Hierbei wurden die Ergebnisse hauptsächlich in Form von Fragebögen zum persönlichen Empfinden der einzelnen Personen erhoben.

In einigen Fällen wurden auch medizinische Untersuchungen z. B. über die Veränderung der Schleimviskosität in den Atemwegen oder zur Veränderung der Stabilität des Tränenfilms der Augen in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte durchgeführt.

Die **Tabelle** liefert einen Überblick über die ausgewerteten Studien. Im Folgenden sollen verschiedene Aspekte der relativen Luftfeuchte und ihrer Auswirkung auf die menschliche Gesundheit beleuchtet werden.

2 Menschliche Wahrnehmungsfähigkeit der relativen Luftfeuchte

Koch et al. [2] führten bereits in den 1960er Jahren Klimakammeruntersuchungen zur Wahrnehmbarkeit der relativen Luftfeuchte durch. Probanden mussten anhand einer siebenstufigen Skala u. a. ihre Einschätzung über die vorgegebene relative Luftfeuchte abgeben. Eine Fähigkeit zur Abschätzung der relativen Luftfeuchte konnte nicht nachgewiesen werden. Auch Andersen et al. [8] kamen in den 1970er Jahren im Rahmen ihrer Klimakammeruntersuchungen zu dem Schluss, dass die Einschätzung der relativen Luftfeuchte durch Probanden eher unzuverlässig ist.

Übersicht über die im Rahmen der Literaturstudie berücksichtigten Studien;
 Studientyp: K = Klimakammeruntersuchung, F = Feldstudie, E = Experimentelle Untersuchung.

Autoren	Jahr	Studientyp	Inhalte der Studie
Koch, Jennings, Hymphreys [2]	1960	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Hemmes, Winkler, Kool [3]	1960	–	Laboruntersuchungen zur Überlebensfähigkeit von Influenzaviren in der Raumluft in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte
Sale [4]	1971	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Erkrankungsgrad von Patienten mit ganzjähriger allergischer Rhinitis
Andersen, Lundquist, Proctor [5]	1972	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den nasalen Schleimfluss
Sale [6]	1972	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte in Klassen- und Wohnräumen auf die Erkältungshäufigkeit bei Kindern
Gelperin [7]	1973	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte in den Quartieren auf die Erkrankungshäufigkeit innerhalb einer Kaserne
Andersen, Lundqvist, Jensen, Proctor [8]	1974	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den nasalen Schleimfluss, die Haut und das allgemeine Befinden
Green [9]	1974	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
McIntyre [10]	1978	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Strauss et al. [11]	1978	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Erkrankungsgrad bei Asthmatikern
White, Rycroft [12]	1982	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf Hautprobleme in einer Produktionsstätte
Green [13]	1982	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
Green [14]	1985	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
Laviana, Rohles, Bullock [15]	1988	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das menschliche Auge direkt und beim Tragen von Kontaktlinsen
Reinikainen, Jaakkola, Seppänen [1]	1992	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Höppe [16]	1992	–	Modellrechnung zum Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Wasserverlust durch Wasserdampfdiffusion und auf den respiratorischen Wasserverlust eines leicht arbeitenden jungen Mannes
Sundell, Lindvall [17]	1993	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden von Büroangestellten
Sommer, Johnen, Schongen, Stolze [18]	1994	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Tränenfilm des Auges
Nordström, Norbäck, Akseleson [19]	1994	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Auftreten von Sick-Building-Syndrom-Symptomen in einem Krankenhaus
Fiedler, Hoyer [20]	1996	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit bei Kindern
Reinikainen, Aunela-Tapola, Jaakkola [21]	1997	E	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Fang, Clausen, Fanger [22]	1998 a	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeits- und Geruchsempfinden
Fang, Clausen, Fanger [23]	1998 b	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeits- und Geruchsempfinden
Toftum, Jorgensen, Fanger [24]	1998	E	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Empfinden eingeatmeter Luft
Fiedler [25]	1998	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Kleinkindern
Spiegel [26]	1998	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Hautrötlichkeit bei Patienten mit atopischem Ekzem
Backman, Haghighat [27]	1999	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Augen
Sato, Fukayo, Yano [28]	2003	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf Atmungsorgane, Haut und Augen
Fang, Wyon, Clausen, Fanger [29]	2004	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Auftreten von Sick-Building-Syndrom-Symptomen

Allerdings wird eine Veränderung der relativen Luftfeuchte über einen größeren Bereich hinweg durch die Probanden wahrgenommen.

Im Jahre 1978 berichtete McIntyre [10], dass die Wahrnehmungsfähigkeit für die relative Luftfeuchte von der Lufttemperatur abhängig ist. So konnten Probanden die relative Luftfeuchte bei 28 °C wesentlich besser abschätzen als bei 23 °C. Nagda und Hodgson [30] geben im Hinblick darauf, dass alle diese Studien mit relativ jungen Probanden im Alter von 16 bis 26 Jahren durchgeführt wurden, allerdings zu

peratur abhängig ist. So konnten Probanden die relative Luftfeuchte bei 28 °C wesentlich besser abschätzen als bei 23 °C. Nagda und Hodgson [30] geben im Hinblick darauf, dass alle diese Studien mit relativ jungen Probanden im Alter von 16 bis 26 Jahren durchgeführt wurden, allerdings zu

bedenken, dass ältere Menschen eine stärker ausgeprägte Wahrnehmungsfähigkeit für die relative Luftfeuchte besitzen könnten.

In den 1990er Jahren wurden sowohl von *Fang et al.* [22; 23] als auch von *Reinikainen et al.* [1; 21] verschiedene Untersuchungen zum Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Wahrnehmung der Luftqualität durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass die wahrgenommene Luftqualität mit zunehmender Temperatur und Luftfeuchte absinkt und die Luft dann als eher stickig empfunden wird.

Der Atemtrakt des Menschen ist in Teilen seiner Wirkung vergleichbar mit einer Klimaanlage, die den Feuchtegehalt und die Temperatur der eingeatmeten Luft auf ihrem Weg zu den Lungen reguliert. Niedrige Temperaturen und geringe relative Luftfeuchten führen dazu, dass die Schleimhäute konvektiv und verdunstend gekühlt werden, was als angenehmer empfunden wird. Je kühler und trockener die Luft, umso kühler, akzeptabler und frischer wird sie empfunden. Bei hohen Temperaturen und relativen Luftfeuchten wird das Empfinden der Luftqualität hauptsächlich durch die Klimaparameter und nicht durch Luftverunreinigungen beeinflusst, während bei niedrigen Temperaturen und relativen Luftfeuchten Luftverunreinigungen verstärkt wahrgenommen werden [24].

In einigen Fällen wird auch darüber berichtet, dass selbst bei mittlerer relativer Luftfeuchte Klagen über zu trockene Luft auftreten [17; 29; 31]. So kann das Gefühl zu trockener Luft z. B. durch zu hohe Raumlufttemperaturen, eine zu geringe Luftwechselrate oder Luftverunreinigungen sowie durch eine erhöhte Staubbelastung ausgelöst werden.

Im Hinblick auf diese Studien sollten bei der Äußerung von Klagen über trockene Luft andere Ursachen als eine zu geringe Luftfeuchte in Betracht gezogen werden (z. B. Luftverunreinigungen, Zugluft).

3 Mögliche Auswirkungen „zu trockener Luft“ auf den Menschen

3.1 Austrocknung der Schleimhäute

Andersen et al. [5] untersuchten den nasalen Schleimfluss an 58 jungen Probanden in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte. Dazu wurden die Probanden zunächst über zwei Stunden einer relativen Luftfeuchte von 70 % ausgesetzt. Anschließend wurde die relative Luftfeuchte für vier Stunden auf Werte von 10, 30 oder 50 % abgesenkt, bevor sie für zwei Stunden wieder auf 70 % angehoben wurde. Bei diesen Untersuchungen konnte kein signifikanter Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Schleimfluss in der Nase nachgewiesen werden. Eine weitere Studie [8], in der die Probanden einer relativen Luftfeuchte von 9 % über einen Zeitraum von 78 Stunden ausgesetzt waren, bestätigt diese Ergebnisse. Die menschliche Nase scheint demnach in der Lage zu sein, die Trockenheit der Luft selbst bei längerfristiger Einwirkung durch eine körpereigene Befeuchtung zu kompensieren.

Dies wird durch Untersuchungen von *Sato et al.* [28] über die Beschwerdehäufigkeit an einer Produktionsstätte mit einer relativen Luftfeuchte von 2,5 % im Vergleich zur Beschwerdehäufigkeit durch nicht exponierte Kollegen bestätigt. Hier konnten keine Unterschiede bei der Häufigkeit der Beschwerden über trockene Nase, trockenen Mund und Hals zwischen den beiden untersuchten Kollektiven nachgewiesen werden.

Bei den oben genannten Studienergebnissen ist zu berücksichtigen, dass es sich in allen Fällen um Reinraumuntersuchungen handelt, d. h. die zugeführte Luft wurde entsprechend gefiltert, sodass wirklich nur der reine Effekt der relativen Luftfeuchte auf die Nasenschleimhäute untersucht werden konnte.

Asthmatiker verfügen dagegen nach *Strauss et al.* [11] wahrscheinlich über einen Defekt, der es nicht ermöglicht, die eingeatmete Luft zu konditionieren (zu befeuchten und auf die entsprechende Temperatur zu bringen). Daher kann bei Asthmatikern eine Luftbefeuchtung zur Linderung der Symptome beitragen.

3.2 Erkältungskrankheiten

In diversen Feldstudien wurde der Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Häufigkeit des Auftretens von Erkältungskrankheiten untersucht [4; 7; 9; 14; 20; 25; 30; 32]. Dabei wurden jeweils mindestens zwei Personenkollektive miteinander verglichen, die z. B. im selben Gebäude arbeiten. Nur im Bereich eines der Kollektive wurde die Luft befeuchtet. Dabei wurden Luftfeuchteunterschiede zwischen 3 und 20 % miteinander verglichen.

Die meisten Studien kommen zu der Erkenntnis, dass durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte die Wahrscheinlichkeit, an einem grippalen Infekt zu erkranken, gesenkt werden kann. Hierfür werden verschiedene direkte und indirekte Effekte der relativen Luftfeuchte verantwortlich gemacht:

- Zu trockene Luft trocknet die Schleimhäute der Atemwege aus und schwächt somit die Abwehr gegen Krankheitserreger [20; 33]. Eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte dagegen verbessert den Schleimfluss, womit Krankheitserreger ausgeschwemmt werden [14]. Diese Aussagen werden in den Literaturstellen jedoch nicht medizinisch belegt. Medizinische Untersuchungen zu diesem Sachverhalt, die zu anderen Ergebnissen führen, werden in Abschn. 3.1 behandelt.
- Die Überlebensfähigkeit von Influenzaviren in der Raumluft ist nach Laboruntersuchungen u. a. von *Hemmes et al.* [3] stark abhängig von der relativen Luftfeuchte. Im Bereich von ungefähr 15 bis 40 % relativer Luftfeuchte ist deren Überlebensrate demnach hoch, im Bereich von ca. 50 bis 90 % relativer Luftfeuchte ist sie eher gering [9; 14; 34].
- Eine geringe relative Luftfeuchte begünstigt die Entwicklung von Staub und hält Staubpartikeln und darin befindliche Mikroorganismen länger schwebfähig [6; 33]. Bei höherer relativer Luftfeuchte werden u. a. Bakterien mit Wasser umschlossen. Dadurch erhöht sich der Partikeldurchmesser, was zum einen zu einer Zunahme der Sinkgeschwindigkeit führt [6; 34] und zum anderen das Vordringen der Teilchen in den Atemtrakt erschwert [14].

3.3 Augenbeschwerden

Eine Studie von *Laviana et al.* [15] über den Einfluss einer relativen Luftfeuchte von 10 respektive 30 % über eine Dauer von zehn Stunden sowohl auf das menschliche Auge direkt als auch auf das Auge beim Tragen einer Kontaktlinse zeigte keinen Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Sehschärfe und die Hornhautverkrümmung. Allerdings fühlten sich die Probanden unter beiden Umständen nach vier Stunden zunehmend belastet. Zur Abhilfe wird die Verwendung von Augentropfen empfohlen.

Sommer et al. [18] stellten bei Untersuchungen an Mitarbeitern eines vollklimatisierten Klinikums eine Verringerung

des Tränenfilms fest. Als Ursache geben sie eine erhöhte Verdunstung an, ausgelöst sowohl durch die geringe relative Luftfeuchte als auch durch die erhöhte Luftgeschwindigkeit als Folge der Klimaanlage. Nach zwei bis vier Jahren konnten scheinbare Anpassungserscheinungen der Augen an die erhöhte Verdunstung nachgewiesen werden. Auch *Sato et al.* [28] stellten bei Beschäftigten einer Produktionsstätte, die bei einer relativen Luftfeuchte von 2,5 % arbeiteten, im Vergleich zu nicht gegenüber dieser Luftfeuchte exponierten Kollegen vermehrt Beschwerden über trockene Augen fest. Neben der geringen relativen Luftfeuchte wird auch vermehrte Bildschirmarbeit für das Auftreten trockener Augen verantwortlich gemacht. Durch das konzentrierte Arbeiten am Bildschirm wird die Blinzelfrequenz herabgesetzt. Dies führt zu einer Störung im Aufbau des Tränenfilms und somit zu einer vorübergehenden Austrocknung der Augenoberfläche [27].

Durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte von im Mittel 26 % auf im Mittel 33 % kann nach einer Studie von *Reinikainen* [1] die Häufigkeit von Klagen über trockene Augen gesenkt werden.

3.4 Hautbeschwerden

Spiegel [26] hat im Rahmen seiner Dissertation den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Hautrauigkeit bei Patienten mit atopischem Ekzem untersucht. Bei einer dreistündigen Exposition gegenüber einer relativen Luftfeuchte von 30 % in einer Klimakammer konnte sowohl bei vorerkrankten als auch bei gesunden Probanden eine Zunahme der Hautrauigkeit nachgewiesen werden. Dies erklärt auch die Tatsache, dass Atopiker in den Wintermonaten über eine Verschlechterung der Symptome klagen. Für die Therapie schlägt *Spiegel* als Folge eine Vermeidung niedriger relativer Luftfeuchten vor.

Sato et al. [28] stellten bei Beschäftigten, die bei einer relativen Luftfeuchte von 2,5 % arbeiteten, im Vergleich zu nicht exponierten Kollegen, vermehrt Beschwerden über trockene Haut fest. Auch die Untersuchungen von *White et al.* [12] zu Hautproblemen bei Beschäftigten einer Produktionsstätte für Kontaktlinsen zeigten eine Verbesserung durch Erhöhung der relativen Luftfeuchte von 30 bis 35 % auf 40 bis 50 %. In diesem Fall muss allerdings mitberücksichtigt werden, dass sich bei der geringeren relativen Luftfeuchte infolge der elektrostatischen Aufladung hygroskopischer Feinstaub auf der Haut ablagerte und somit u. a. die Hautprobleme auslöste. Durch die Erhöhung der relativen Luftfeuchte konnten die Hautprobleme vollkommen beseitigt werden.

3.5 Elektrostatische Auf- und Entladung

Die relative Luftfeuchte spielt beim Auftreten elektrostatischer Phänomene (z. B. fliegende Haare, Entladungsfunken an Türgriffen, Knistern beim Ausziehen eines Kleidungsstückes) eine wesentliche Rolle. Für Beschäftigte stellen diese Erscheinungen im Allgemeinen keine Gefahren dar. Allerdings können durch das plötzliche Auftreten von Entladungsprozessen innerhalb der Schrecksekunde Fehlhandlungen ausgelöst werden. Außerdem können durch die beim Entladungsvorgang übertragenen Energien z. B. Halbleiterbauteile im Inneren von Geräten zerstört werden. Als unangenehmer Nebeneffekt können darüber hinaus durch elektrostatische Aufladungen Partikelansammlungen auf glatten

Oberflächen (z. B. verschmutzte Bildschirme) hervorgerufen werden. Gefährlich werden diese Phänomene nur in Gegenwart explosionsfähiger Stoffe [35].

Ab einer relativen Luftfeuchte von 40 bis 45 % sinkt die Gefahr des Auftretens elektrostatischer Phänomene rapide ab [8; 13; 16; 19; 31].

4 Zusammenfassung

Die betrachteten Studien zum Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Gesundheit des Menschen kommen z. T. zu sehr widersprüchlichen Ergebnissen. Es konnte keine Studie eruiert werden, die eine definitive untere Grenze von 30 % medizinisch begründet bzw. einen anderen Grenzwert herleiten ließe.

Unter anderem ist umstritten, inwieweit der Mensch in der Lage ist, die relative Luftfeuchte sensorisch abzuschätzen. So wird die Luft z. B. als zu trocken empfunden, obwohl die relative Luftfeuchte mit 50 % in einem als behaglich angesehenen Bereich liegt. Ein hoher Staubanteil in der Luft oder eine zu hohe Lufttemperatur können das Empfinden stark beeinflussen.

Auch die landläufige Vorstellung, dass durch zu trockene Luft die Schleimhäute austrocknen und sich infolgedessen Krankheitserreger leichter ansiedeln können, ist umstritten. So zeigten Laboruntersuchungen keine Veränderung der Schleimviskosität in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte.

Unumstritten ist jedoch die Tatsache, dass Krankheitserreger in der Raumluft eine von der relativen Luftfeuchte abhängige Lebensdauer aufweisen. Darüber hinaus wächst mit zunehmender relativer Luftfeuchte durch Wasseranlagerungen nicht nur die Partikelgröße der Mikroorganismen, sondern auch der Staubpartikeln, wodurch diese schneller absinken, was zu einer Reinigung der Luft führt.

Belästigungen durch elektrostatische Effekte können durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf 40 bis 45 % minimiert werden. Auch das Problem trockener Augen bzw. Haut kann unter Umständen durch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte in diesem Bereich verbessert werden. Hier ist zu beachten, dass Beschwerden an den Augen ebenfalls durch staubhaltige Luft oder durch Bildschirmarbeit ausgelöst werden können.

Sofern die relative Luftfeuchte nicht über einen längeren Zeitraum in einen Bereich von 10 bis 20 % fällt, ist eine ständige Befeuchtung nicht ratsam, zumal befeuchtete Luft zum Teil als stickig empfunden wird. Vielmehr sollte zunächst versucht werden, über eine Veränderung des Luftwechsels und eine niedrigere Temperatur die Luftqualität im Raum zu verbessern. Dies wird auch in der Norm DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden“ [36] verlangt, die allerdings als untere Grenze eine relative Luftfeuchte von 30 % vorgibt, um trockene Augen und Schleimhautreizungen zu vermeiden. Weiter heißt es in der Norm: „In extremen Klimata ist eine geringere relative Luftfeuchte für einen begrenzten Zeitraum jedoch annehmbar; dieser Zeitraum ist zwischen Auftraggeber und Planer unter Berücksichtigung lokaler Vorschriften und Präferenzen zu vereinbaren. Beschwerden darüber, dass die Luft zu trocken sei, haben ihre Ursache häufig in Staub oder anderen Verschmutzungen in der Luft. Auf Grund zu hoher Raumtemperaturen und/oder Außenluftvolumenströme ist die relative Luftfeuchte oft zu gering. Alle diese

Ursachen sollten vor einer Befeuchtung in Betracht gezogen werden“.

Bei einer Erhöhung der relativen Luftfeuchte mit Luftbefeuchtern ist zu beachten, dass diese zum einen auf den zu befeuchtenden Bereich ausgelegt sind und darüber hinaus

über einen Hygrostaten verfügen, der das Gerät bei Überschreitung einer oberen Grenze der relativen Luftfeuchte abschaltet. Außerdem müssen die Geräte regelmäßig gewartet und gereinigt werden.

Literatur

- [1] Reinikainen, L. M.; Jaakkola, J. J. K.; Seppänen, O.: The effect of air humidification on symptoms and perception of indoor air quality in office workers – A six-period cross-over trial. *Arch. Environm. Health* 47 (1992), S. 8-15.
- [2] Koch, W.; Jennings, B. H.; Humphreys, C. M.: Environmental study II – Sensation responses to temperature and humidity under still air conditions in the comfort range. *ASHRAE Trans.* 66 (1960), S. 264-287.
- [3] Hemmes, J. H.; Winkler, K. C.; Kool, S. M.: Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. *Nature* 188 (1960), S. 430-431.
- [4] Sale, C. S.: Humidification during the cold weather to assist perennial allergic rhinitis patients. *Ann. Allergy* 29 (1971), S. 356-357.
- [5] Andersen, I. B.; Lundqvist, G. R.; Proctor, D. F.: Human nasal mucosal function under four controlled humidities. *Am. Rev. Respir. Dis.* 106 (1972), S. 438-449.
- [6] Sale, C. S.: Humidification to reduce respiratory illnesses in nursery school children. *South. Med. J.* 65 (1972), S. 882-885.
- [7] Gelperin, A.: Humidification and upper respiratory infection incidence. *Heat. Pip. Air Condit.* 45 (1973), S. 77-78.
- [8] Andersen, I. B.; Lundqvist, G. R.; Jensen, P. L.; Proctor, D. F.: Human response to 78-hour exposure to dry air. *Arch. Environm. Health* 29 (1974), S. 319-342.
- [9] Green, G. H.: The effect of indoor relative humidity on absenteeism and colds in schools. *ASHRAE Trans.* 80 (1974), S. 131-141.
- [10] McIntyre, D. A.: Response to atmospheric humidity at comfortable air temperature: A comparison of three experiments. *Ann. Occup. Hyg.* 21 (1978) Nr. 2, S. 177-190.
- [11] Strauss, R. H.; McFadden, E. R.; Ingram, R. H.; Deal, E. C.; Jaeger, J. J.: Influence of heat and humidity on the airway obstruction induced by exercise in asthma. *J. Clin. Invest.* 61 (1978) Nr. 2, S. 433-440.
- [12] White, I. R.; Rycroft, R. J. G.: Low humidity occupational dermatosis – an epidemic. *Contact Dermatitis* 8 (1982), S. 287-290.
- [13] Green, G. H.: The positive and negative effects on building humidification. *ASHRAE Trans.* 88 (1982), S. 1049-1061.
- [14] Green, G. H.: Indoor relative humidities in winter and the related absenteeism. *ASHRAE Trans.* 91 (1985), S. 643-653.
- [15] Laviana, J. E.; Rohles, F. H.; Bullock, P. E.: Humidity, comfort and contact lenses. *ASHRAE Trans.* 94 (1988), S. 3-11.
- [16] Höppe, P.: Die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für das Raumklima. *Ann. Met.* 28 (1992), S. 161-164.
- [17] Sundell, J.; Lindvall, T.: Indoor air humidity and sensation of dryness as risk indicators of SBS. *Indoor Air* 3 (1993), S. 382-390.
- [18] Sommer, H.; Johnen, J.; Schongen, P.; Stolze, H.: Adaptation of the tear film to work in air-conditioned rooms (office-eye syndrome). *Ger. J. Ophthalmol.* 3 (1994), S. 406-408.
- [19] Nordström, K.; Norbäck, D.; Akesson, R.: Effect of air humidification on the sick building syndrome and perceived indoor air quality in hospitals: A four month longitudinal study. *Occup. Environm. Med.* 51 (1994), S. 683-688.
- [20] Fiedler, K.; Hoyer, H.: Logistische Regressionsanalysen zum Einfluss von Wohnumwelt, Wohnhygiene und Lebensweise auf die Häufigkeit und Dauer akuter respiratorischer Erkrankungen bei Kleinkindern. *Zbl. Hyg.* 198 (1996), S. 204-214.
- [21] Reinikainen, L. M.; Aunela-Tapola, L.; Jaakkola, J. J. K.: Humidification and perceived indoor air quality in the office environment. *Occup. Environm. Med.* 54 (1997), S. 322-327.
- [22] Fang, L.; Clausen, G.; Fanger, P. O.: Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality. *Indoor Air* 8 (1998), S. 80-90.
- [23] Fang, L.; Clausen, G.; Fanger, P. O.: Impact of temperature and humidity on the perception of indoor air quality during immediate and longer whole-body exposures. *Indoor Air* 8 (1998), S. 276-284.
- [24] Toftum, H.; Jorgensen, A. S.; Fanger, P. O.: Upper limits of air humidity for preventing warm respiratory discomfort. *Energy and Buildings* 28 (1998), S. 15-23.
- [25] Fiedler, K.: Luftfeuchtigkeit und Gesundheit. *Wohnmedizin* 36 (1998), S. 67-69.
- [26] Spiegl, A.: Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Hautrauigkeit bei Patienten mit atopischem Ekzem. Dissertation Universität München 1998.
- [27] Backman, H.; Haghighat, F.: Indoor-air quality and ocular discomfort. *J. Am. Optom. Assoc.* 70 (1999), S. 309-316.
- [28] Sato, M.; Fukayo, S.; Yano, E.: Adverse environmental health effects of ultra-low relative humidity indoor air. *J. Occup. Health* 45 (2003), S. 133-136.
- [29] Fang, L.; Wyon, D. P.; Clausen, G.; Fanger, P. O.: Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. *Indoor Air* 14 (2004), S. 74-81.
- [30] Nagda, L.; Hodgson, M.: Low relative humidity and aircraft cabin air quality. *Indoor Air* 11 (2001), S. 200-214.
- [31] Gassel, R. P.: Innenraumbeglichkeit. *Wohnmedizin* 41 (2003), S. 57-60.
- [32] Mendell, M. J.: Non-specific symptoms in office workers: a review and summary of the epidemiologic literature. *Indoor Air* 3 (1993), S. 227-236.
- [33] Lubart, J.: Health care cost containment. *Am. J. Otolaryngol.* 1 (1979), S. 81-83.
- [34] Arundel, A. V.; Sterling, E. M.; Biggin, J. H.; Sterling, T. D.: Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environm. Health Perspect.* 65 (1986) Nr. 3, S. 351-361.
- [35] Börner, F.; Siekmann, H.; Aengenvoort, B.; Fischer, M.; Metzendorf, U.; Gielner, M.: Elektrostatik und elektromagnetische Felder. In: Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld, S.148-178. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften – HVBG. Sankt Augustin 2005.
- [36] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen. Berlin: Beuth 2005.