

Gesundheitsrisiko

Schlecht gewartete Klimaanlage (Teil 2)

Peter E. Häfliger ASHRAE / Dr. Ulrich Thies

Klimaanlagen stehen immer wieder in der Kritik für Gesundheitsgefährdung und Befindlichkeitsstörungen verantwortlich zu sein. Dies überträgt für den Betreiber von Klimaanlagen die Verantwortung, die Klimaanlage nach bestem Stand des Wissens und der Technik zu betreiben und zu warten. Häufig fehlt aber sowohl den Verantwortlichen als auch dem Wartungspersonal das notwendige Fachwissen, um einen hygienisch einwandfreien Zustand der Klimaanlagen zu gewährleisten.

Diese Artikelserie versucht daher die Hygieneproblematik von Klimaanlagen ausführlich darzustellen und dem Leser das einschlägige Fachwissen der Hygienetechnik zu vermitteln. Es wird sowohl auf die von Klimaanlagen verursachten Krankheiten und ihre Ursachen als auch auf die Problembereiche in den RLT-Anlagen eingegangen. Es wird weiterhin ein Überblick über vorhandene Richtlinien sowie Inspektions- und Analysemethoden gegeben. Ein kurzer Bericht über die Erfahrungen der Autoren mit der Wartung und Inspektion von Klimaanlagen liefert schliesslich einen Einblick in die Praxis. Viele der in diesen Artikeln behandelten Themen sind der VDI-Richtlinie 6022 entnommen, insbesondere die Abschnitte über Inspektion und Wartung von RLT-Anlagen lehnen sich stark an diese Richtlinie an.

Das Sick Building Syndrom und Building Related Illness

Der Begriff «Sick Building Syndrom (SBS)» beschreibt ein Krankheitsbild, das durch den Aufenthalt in «kranken Gebäuden» hervorgerufen wird und dessen Auftreten stark mit der Verweildauer im Gebäude korreliert. Dabei können einzelne Bereiche, aber auch das ganze Gebäude, betroffen sein. Häufig verschwinden die Krankheitserscheinungen nach einer gewissen Zeit des Aufenthaltes ausserhalb dieses Gebäudes, wie z. B. bei Arbeitnehmern im Urlaub. Der Begriff Syndrom wird daher verwendet, weil eine genaue Ursache der Beschwerden nicht gezielt zugeordnet werden kann. Hinzu kommt, dass viele der beklagten Befindlichkeitsstörungen nicht als

Krankheit anerkannt sind. Im Gegensatz dazu beschreibt «Building Related Illness» anerkannte Krankheiten mit identifizierten Ursachen, die durch Gebäude und den in der Raumluft vorhandenen Schadstoffen hervorgerufen werden (wie z. B. die Befeuchterlunge, siehe folgender Abschnitt).

Die Symptome, die dem SBS zugeordnet werden, sind insbesondere allergische Reaktionen, Reizungen der Schleimhäute, gerötete Augen, Kopfschmerzen und Bronchialleiden, aber auch allgemeine Befindlichkeitsstörungen wie trockene Haut, Müdigkeit und Konzentrationsstörungen.

Ursachen

Als Ursache für das SBS werden fünf verschiedene Einflussfaktoren genannt, wobei allerdings keine Aussagen darüber gemacht werden können, ab welcher Konzentration der genannten Stoffe in der Luft von einem «kranken Gebäude» gesprochen wird. Zwar definiert z. B. die deutsche Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), Schimmelpilze und deren Sporen sowie verschiedene andere biologische Stoffe als «sensibilisierend», gibt aber keine MAK-Werte für diese Stoffe an (MAK: Maximale Arbeitsplatzkonzentration) [TRGS-907].

Unzureichende oder mangelhafte Raumbelüftung

Vor allem seit der Ölkrise 1973 wurde in den USA die Mindestbelüftungsmenge für Büro- und Versammlungsräume drastisch gesenkt. War vorher ein Wert von zirka 25 m³/h Luftmenge für jeden Benutzer des Gebäudes üblich, so wurde er auf später 8,5 m³/h gesenkt. Erst 1989 wurde die Empfehlung für die Frischluftmenge von der American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) wieder auf 33m³/h korrigiert [ASHRAE Standard 62-1989], wobei bei starker Luftbelastung, z. B. in Raucherecken, sogar Werte bis 100m³/h empfohlen werden.

Chemische Kontamination aus Quellen innerhalb des Gebäudes

Die meisten Quellen für eine chemische Belastung in Gebäuden befinden

sich im Gebäude selbst. Insbesondere Teppiche, Möbelstücke, Tapeten und Bürogeräte emittieren sogenannte flüchtige organische Stoffe (volatile organic compound (VOC)), wie z. B. Formaldehyd. Sie sind sowohl für chronische Erkrankungen, als auch für allergische Reaktionen verantwortlich.

Chemische Kontamination aus Quellen ausserhalb des Gebäudes

Durch die Klimaanlage, sowie durch freie Fensterbelüftung, gelangen auch aus der Aussenluft VOCs an den Arbeitsplatz. Hier sind vor allem Verkehrsabgase zu nennen. In Einzelfällen können auch Industrieabgase von benachbarten Fabrikationen zu Beschwerden führen.

Biologische Kontamination

Darunter fallen die bereits beschriebenen Bioaerosole. Bakterien, Schimmelpilze, Hefen und Pollen sind typische Verursacher einer biologischen Kontamination. Sie können sowohl in den Räumen selbst entstehen, z. B. im feuchten Mauerwerk oder in schlecht gelüfteten Räumen, als auch durch die Klimaanlage in den Raum eingebracht werden.

Psychosoziale Ursache

Das psychosoziale Umfeld am Arbeitsplatz wird als Ursache für SBS in letzter Zeit verstärkt diskutiert. Zu dieser Diskussion regten vor allem die Ergebnisse der Studie Pro-Klima an, auf die im folgenden Abschnitt noch genauer eingegangen werden soll.

Studien im Zusammenhang mit SBS

Untersuchungen zum SBS ergaben 1984/85 in Deutschland, dass von den befragten Personen mit klimatisierten Arbeitsplätzen doppelt so viele Beschwerden geäussert wurden als von Personen mit konventionellen Arbeitsplätzen und einer reinen Fensterlüftung.

Diese statistischen Erkenntnisse basieren auf der Auswertung von Befragungen ohne detaillierten Bezug auf den Zustand der direkten Umgebung und der äusseren Einflüsse. Die Erkenntnisse waren deshalb für die Festlegung konkreter Massnahmen noch zu wenig aussagekräftig. Aus diesem Grund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 1994 eine «Untersuchung zu positiven und negativen Wirkungen von raumlufttechnischen Anlagen auf Befindlichkeit, Gesundheit und Leistungsfähigkeit» (Pro-Klima-Projekt) für einen Zeitraum von vier Jahren gefördert.

Das ProKlima-Verbundprojekt

Dieses Forschungsprojekt wurde als Verbund von sieben Forschungsgruppen durchgeführt und befasste sich intensiv mit den Ursachen der Befindlichkeitsstörungen am einzelnen Arbeitsplatz. Diese Untersuchung ist weltweit die umfangreichste, wobei 40 Klimaanlage von 14 Gebäuden mit insgesamt 1497 Arbeitsplätzen in 607 Räumen untersucht wurden.

Erste Analysen ergaben, dass das psychosoziale Umfeld am Arbeitsplatz einen höheren Einfluss auf Befindlichkeitsstörungen hat als bisher angenommen. Die Beziehungen am Arbeitsplatz können belastet sein, indem eine Person von einer anderen schikaniert und benachteiligt wird. Kommen diese Drangsalierungen oft und über einen längeren Zeitraum vor, so spricht man von «Mobbing». Mobbing ist ein bedeutender Stressor am Arbeitsplatz und kann bei langandauernder Exposition zu sogenannten posttraumatischen Belastungsstörungen führen. Die Studie geht davon aus, dass bei Personen, die als gemobbt eingestuft werden, die Wahrscheinlichkeit, SBS-Beschwerden zu bekommen, erhöht ist, möglicherweise aufgrund sensiblerer Reaktionsweisen der Betroffenen auf ihre Umwelt [SMA-99].

Miljö-Chemie

1999 erstellte das Institut «Miljö-Chemie» eine Studie zur Einschätzung der Auswirkung von Schadstoffen in der Raumluft von Bürogebäuden. Das Augenmerk der Studie lag vor allem auf VOCs und Messmethoden zur Bestimmung von VOCs. Aber es wurden auch Sick Buildings hinsichtlich der Schadstoffbelastung untersucht. Dazu wurden Büros herangezogen, in denen ein oder mehrere Arbeitnehmer unter den Symptomen von SBS leiden. Die Studie stützt sich auf 59 Gutachten, die in 59 unterschiedlichen Gebäuden erstellt wurden. Die nachfolgende Grafik gibt das Untersuchungsergebnis wieder. Die Summe von mehr als 100 % ergibt sich daraus, dass in einigen Fällen mehrere Ursachen

benannt wurden. Das Ergebnis zeigt deutlich die Bedeutung der Klimatisierung des Raumes und insbesondere des hygienisch einwandfreien Zustandes der RLT-Anlagen für die verschiedenen Beschwerden im Zusammenhang mit der SBS. So sind nur 15 % der Beschwerden auf VOCs zurückzuführen. 50 % werden direkt durch die Klimaanlage beeinflusst (Frischluftzufuhr und Raumklima) und 50 % indirekt, wenn die RLT-Anlage verantwortlich für Schimmelpilz, Geruch und Staub im Büro ist.

Beide Studien machen deutlich, dass sich eine mit Mängeln behaftete Planung und eine schlechte Wartung bei den Raumlufttechnischen Anlagen negativ auf die Befindlichkeit am Arbeitsplatz auswirkt. Andererseits wurden bei Gebäuden mit modernen Anlagebauarten und hohem Wartungsstandard zum Teil auch eine geringere Beschwerderate ermittelt als bei Büros mit reiner Fensterlüftung [MCh-99].

Weitere durch RLT-Anlagen bedingte typische Erkrankungen

Allergische Alveolitis – Die Befeuchterlunge

Die Alveolitis ist eine entzündliche Reaktion der Lungenbläschen (Alveolen) und der benachbarten Zellzwischenräume. Sie kann als Begleiterscheinung vielfältiger Erkrankungen und als allergische Reaktion auftreten. Die allergische Alveolitis ist eine Allergie, bei der die Abwehrreaktion auf die Immunkomplexe in der feinen Membran der Lungenbläschen stattfindet. Diese Membran ist für den Gasaustausch sehr wichtig und ausserordentlich fein. Durch die Entzündung können Ödeme entstehen. In schweren und chronischen Fällen bilden sich vermehrt bindegewebige Fasern, die das Lungengewebe in seiner Funktion einschränken. Im Endstadium kann es sogar zu einer Lungenfibrose kommen, bei der das Lungengerüst durch Bindegewebe und Narbengewebe so weit infiltriert ist, dass es zu einer starken Einschränkung der Lungenfunktion führt.

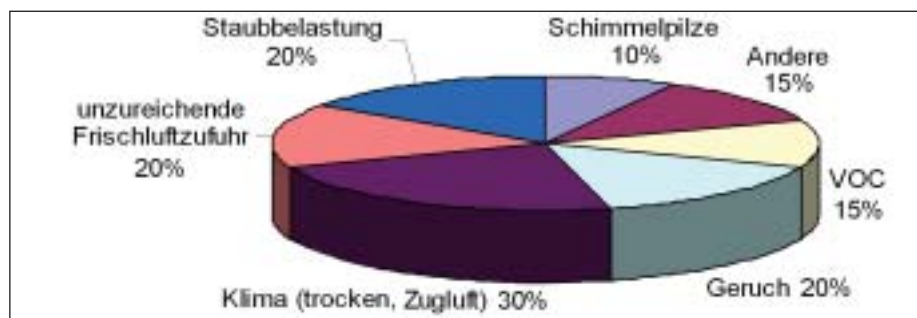
Ausgelöst wird die allergische Alveolitis durch das Einatmen von Allergenen, vorzugsweise durch Schimmelpilzsporen. Aber auch andere organische Substanzen, die in feinen Stäuben eingeatmet werden, können eine Alveolitis auslösen.

Die Symptome zeigen sich meistens 6 bis 8 Stunden nach dem Kontakt mit dem Allergen. Die Betroffenen leiden unter einem grippeähnlichen Krankheitsbild mit Fieber, Kopfschmerzen, Husten und erschwelter Atmung. In der Regel klingen die Beschwerden innerhalb von Stunden bis wenigen Tagen wieder ab. Die allergische Alveolitis wird oft verkannt, weshalb die Gefahr der Ausbildung von Spätschäden besteht. Die allergische Alveolitis ist eine meldepflichtige Berufskrankheit.*

Die Krankheit tritt häufig bei Personen auf, die beruflich bedingt einen intensiven Kontakt mit den genannten Allergenen haben, insbesondere bei Landwirten in Form der sogenannten Farmerlunge, bedingt durch Heustaub und bei Tierzüchtern als Vogelhalterlunge. Hier sind vor allem Exkreme und staubige Absonderungen von Tauben und Ziervögeln die Ursache. Auch die Befeuchterlunge ist eine häufige Erscheinungsform der Krankheit. Sie ist auf die mangelhafte Hygiene von RLT-Anlagen zurückzuführen und die dadurch in die Luft eingebrachten Schimmelpilze und deren Sporen.

Legionellose – Die Legionärskrankheit und Pontiac-Fieber

Bei der Legionärskrankheit handelt es sich um eine Form der Lungenentzündung. Die klassische Legionellose kann je nach Allgemeinzustand der Betroffenen in etwa 15 bis 20 % der Fälle tödlich verlaufen. Erreger der Krankheit sind Bakterien (Legionella pneumophila), die fähig sind, sich innerhalb einer Zelle zu vermehren. Dabei sind im Wasser lebende Einzeller, wie Amöben oder Algen häufig die Wirte der Legionellen. Dadurch ist diese Infektionskrankheit auch für den Menschen so gefährlich, denn auch in den vom Immunsystem gebildeten Fresszellen (Makrophagen), die normalerweise zur Vernichtung von Fremdkörpern im Körper zur Verfügung stehen, vermehren sich diese Bakterien. Nur durch den Einsatz von Antibiotika mit einer guten intrazellulären Aufnahme, das heisst Antibiotika, die ebenfalls in die Zellen eindringen, ist eine Behandlung der Krankheit möglich. Die meisten Todesfälle beruhen auf ei-



Beurteilung der gebäudebezogenen Ursache von Gesundheitsstörungen nach der Studie von «Miljö-Chemie».

* www.medicininfo.de

ner fehlerhaft diagnostizierten «normalen» Lungenentzündung oder treten bei Menschen mit geschwächtem Immunsystem auf. Da sie weder klinisch noch radiologisch von einer anderen Lungenentzündung zu unterscheiden ist, wurde die Legionärskrankheit vor der Entdeckung der Legionellen auch als atypische Pneumonie bezeichnet. Die Wirte und ihre Keime können sich vor allem in grossen Wasserbehältern, Schwimmbädern, Klimaanlageanlagen und Warmwassersystemen von Gebäuden gut vermehren. Als ideale Vermehrungstemperatur gilt 25 bis 55 Grad Celsius. Die Keime sind mit einem Durchmesser von zirka 1 µm eine der kleinsten Bakterienarten, die bisher entdeckt wurden. Dies begünstigt ihre Verbreitung durch Tröpfchenaerosole. Es bedeutet aber vor allem, dass sie sowohl die meisten künstlichen Filter in RLT-Anlagen, als auch die natürlichen Filter der Atmungsorgane ungehindert passieren können.

Eine leichtere Form der Erkrankung ist das so genannte Pontiac-Fieber. Es wird im Allgemeinen mit einer Grippeinfektion verwechselt. Statistiken über die Anzahl der jährlichen Infektionen existieren nicht, da die Krankheit in der Regel innerhalb weniger Tage von selbst vollständig ausheilt. Die Inkubationszeit beträgt nur ein bis zwei Tage. Die Krankheit tritt bei 95 % der infizierten Personen auf, was auch zu der geschätzten hohen Zahl von Krankheitsfällen führt. Auch wenn die Krankheit keine weiteren Folgen für den Erkrankten hat, so ist der wirtschaftliche Schaden, der durch den Ausfall des Arbeitnehmers entsteht, nicht zu vernachlässigen.

RLT- Anlagen und Hygiene

Allgemeine Aufgabe der RLT-Anlagen, Definition der Hygiene

Raumlufttechnische Anlagen haben insbesondere die Aufgabe, das Wohl-

befinden und die Gesundheit des Menschen in Räumen zu erhalten. Durch die hygienisch sauber aufbereitete Aussenluft sollen Behaglichkeitszustände sowie die unterschiedlichen Druckverhältnisse zwischen den Raumzonen aufrechterhalten beziehungsweise hergestellt werden. Erreicht wird dadurch, die Steigerung der Leistungsfähigkeit bei den Raumbenutzern sowie die Gewährleistung von erforderlichen Raumluftkonditionen und Luftqualitäten um entsprechende Tätigkeiten durchzuführen bzw. hygienisch anspruchsvolle Produkte herzustellen. Unter Hygiene wird allgemein die Gesundheitsfürsorge und die Gesundheitspflege verstanden. Für den Innenraum bedeutet dies ein gesundheitsförderndes Umfeld zu erhalten oder zu schaffen, indem sich der Mensch behaglich und wohl fühlt.

Das psychosoziale Umfeld am Arbeitsplatz spielt dabei ebenso eine Rolle wie die physikalischen Rahmenbedingungen. Es wird durch die Tätigkeit, die Gestaltung des Arbeitsplatzes und das soziale Umfeld geprägt. Gemäss den neusten Untersuchungen werden auch diese Kriterien für das Sick-Building Syndrom verantwortlich gemacht.

Wohlbefinden wird somit erreicht, wenn:

- die Behaglichkeit stimmt,
- eine zuträgliche Luftqualität besteht,
- ein körperliches Wohlbefinden vorhanden ist,
- die Arbeitsplatzgestaltung optimal ist,
- das Arbeitsklima gut ist und
- die Tätigkeit interessant und anregend ist.

Der Einfluss der Klimaanlage auf das Wohlbefinden

Für die Schadstoffbildungen im Raum sind sowohl menschliche Tätigkeiten, die direkte Umgebung des Menschen

(Aussenluft, Baustoffe, Raumeinrichtungen, Möbel, Pflanzen), hygienisch mangelhaft gewartete Raumlufttechnische Anlagen und konzeptionelle Fehler bei der Raumtechnik als Ursache zu nennen.

Die physikalischen Rahmenbedingungen und damit die Behaglichkeit wird direkt durch die RLT-Anlagen und die Raumheizung sowie die Gebäudehülle und die Lichtverhältnisse beeinflusst. RLT-Anlagen sind hierbei insbesondere verantwortlich für:

- die thermische Behaglichkeit,
- empfundene Luftqualität (olfaktori-sche Behaglichkeit) und
- die Luftqualität.

Thermische Behaglichkeit und empfundene Luftqualität

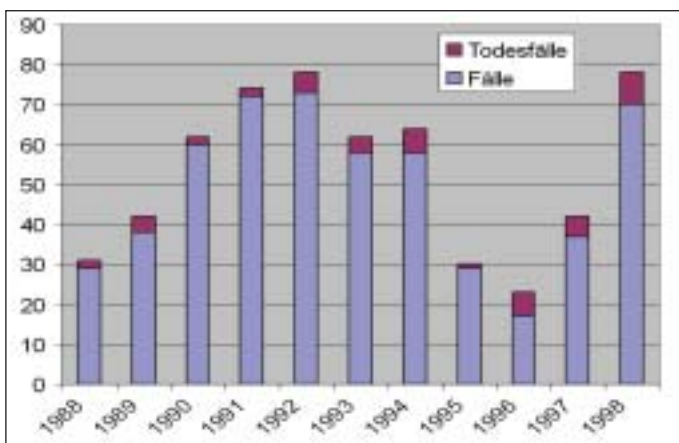
Zur thermischen Behaglichkeit sind schon relativ früh Studien durchgeführt worden [OFa-70], deren Ziel die Bestimmung von Parametern und Gleichungen zur Einstellung eines angenehm empfundenen Raumklimas ist. Die Ergebnisse sind auch in der DIN EN ISO 7730 eingeflossen, so dass damit ein Leitfaden zur Einstellung der vier wichtigsten Einflussfaktoren: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegungen und Temperaturen der Umschliessungsflächen vorliegt.

Je nach Ausführungsart, dem gewählten Anlagensystem und dem Betriebskonzept der RLT-Anlage wird durch die entsprechende Luftkonditionierung und die Luftverteilung die Behaglichkeit und die physikalische Luftqualität mehr oder weniger gut eingehalten.

Während die Behaglichkeit direkt messbar und korrigierbar ist und mit neuzeitlichen Anlagen in Abstimmung mit der Gebäudehüllengestaltung und der Raumheizung einigermassen zufriedenstellend gelöst werden kann, ist die Beurteilung der mikrobiologischen Luftqualität im Hinblick auf die Hygiene etwas komplexer, weil wichtige Komponenten der Lufthygiene nur indirekt erfassbar sind, und die Ursachen von Mängeln in den meisten Fällen nicht sofort aufgedeckt werden.

Fanger hat daher ebenfalls Untersuchungen zur Luftqualität durchgeführt und hierbei zwei Einheiten zur Bestimmung der empfundenen Luftqualität eingeführt [OFa-88]. Hierbei bezeichnet das Mass «1 olf» den von einem Menschen bei sitzender Tätigkeit abgegebenen Geruch und «0,1 pol» einen Geruchspegel, der beim Betreten eines Raumes von 15 % der Personen als störend empfunden wird.

Normale Raucher erzeugen in 36 m³/h (10l/s) Raumluft eine Geruchsstärke



Legionellose in der Schweiz – an das Bundesamt für Gesundheit (BAG) gemeldete Fälle (die Dunkelziffer wird erheblich höher geschätzt, da eine Legionellose häufig nicht diagnostiziert wird).

von 5 olf, einen CO-Gehalt von 100 ppm, 5 mg/m³ Nikotin und 300 000 Staubpartikel/Liter. Dies ergibt 0,5 Pol und eine Rate von über 40 % Personen, die den Geruch als störend empfinden. Die folgende Übersicht zeigt unterschiedliche Geruchspegel:

■ gesunde Gebäude	0,100 Pol
■ Sick Building Situation	1,000 Pol
■ Stadtluft, Wohngebiet	0,010 Pol
■ Gebirgsluft	0,001 Pol

Beispiele von Geruchspegeln in der Luft.

Mit der Einführung dieser Masse wird der Versuch unternommen, Behaglichkeit berechenbar zu machen und objektive Mittel zur Gestaltung von Räumen und der Auslegung von RLT-Anlagen zu erhalten.

Die mikrobiologische und chemische Luftqualität – Schadstoffgrenzwerte für Innenräume

Im Gegensatz zu den nur durch eine grosse Anzahl «subjektiver» Testpersonen zu erreichenden «objektiven» Messwerten «olf» und «dezipol» lässt sich die chemische und mikrobiologische Luftqualität in einem Raum häufig genauer bestimmen. Sie wird durch die gasförmige Zusammensetzung der Luft im Raum und durch die in der Luft enthaltenen Partikel bestimmt. Aber auch hier fehlen häufig, z. B. durch wissenschaftliche Studien belegte Grenzwerte, die eine klare Aussage darüber machen, ob die Raumluftqualität den gesundheitlichen Anforderungen genügen und damit der hygienische Zustand der Raumluft in Ordnung ist.

Die häufig herangezogenen MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) eignen sich ebenfalls kaum zur Einschätzung der Raumlufthygiene, denn sie sind insbesondere für Arbeitsplätze definiert, bei denen mit den angegebenen Stoffen gearbeitet wird. Die Konzentrationen, die als gesundheitsgefährdend eingestuft werden, kommen daher z. B. an Büroarbeitsplätzen kaum auf.

In den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) werden daher auch Stoffe angegeben, die nach «gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen als sensibilisierend ... einzuordnen sind» [TRGS-907]. Hierzu gehören z. B. Schimmelpilze, Milben, aber auch Zierpflanzenbestandteile. Grenzwerte über eine zulässige Konzentration am Arbeitsplatz existieren aber nicht.

Daher wird zur Einschätzung der Belastung am Arbeitsplatz hinsichtlich dieser Werte die Belastung der Aus-

senluft als Grenzwert für die zulässige Belastung im Innenraum herangezogen. Diese Methode hat allerdings den entscheidenden Nachteil, dass die Belastung in der Aussenluft örtlich und zeitlich stark schwankt und temporär Werte erreichen kann, die bei einer dauerhaften Belastung im Innenraum durchaus zu gesundheitlichen Problemen führen kann. Die folgende Übersicht zeigt durchschnittliche Keimbelastungen.

Konzentration in KBE/m ³ (Kolonienbildende Einheit/m ³ Luft)	
■ In Landgebieten	100–500 KBE/m ³
■ In Stadtverkehr	1000–5000 KBE/m ³ (kurzzeitig bis 10 000)
■ In Wohnungen	100–600 KBE/m ³ (kurzzeitig bis 1000)
■ In Reinnräumen	0–200 KBE/m ³ je nach Reinnraumzone

Durchschnittliche Keimzahlen in der Luft.

Problembereiche in RLT-Anlagen

An allen Stellen, an denen Schmutz und Feuchtigkeit vorhanden sind, ist Keimwachstum möglich. Daher besteht in einer RLT-Anlage an allen Bauelementen die Möglichkeit, dass Keimwachstum stattfindet. Bestimmte Elemente sind allerdings hinsichtlich der Hygiene problematischer. Die nachfolgende Darstellung führt relevante Komponenten auf.

Aussenluftansaugung

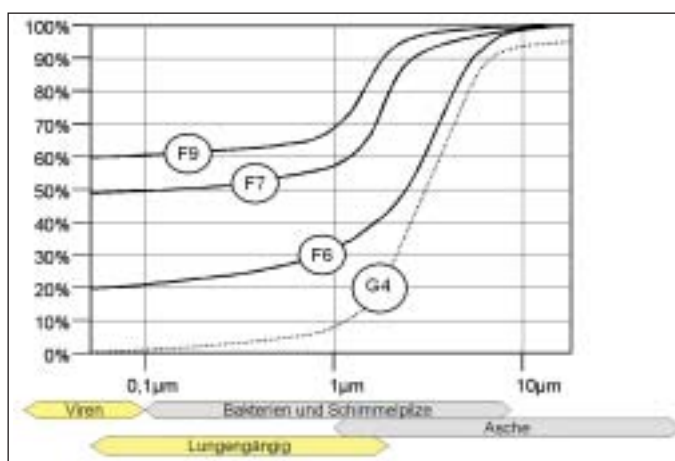
Die Lage und die Gestaltung der Aussenluftansaugung ist verantwortlich für die Qualität der Luft, die in der RLT-Anlage aufbereitet wird. Die Ansaugung von Staub, Abgasen und Gerüchen ist zu vermeiden. Werden Wasser, Schmutz und Insekten von der Aussenluftansaugung aufgenommen, können Probleme auftreten. Schmutz sammelt sich in der Aussenluftkammer und kann in Verbindung mit eindringender Feuchtigkeit (Wasser) ein «Bio-

top» bilden. Auch Insekten und kleine Tiere wie Mäuse oder Ratten, sind schon in Aussenluftkanälen gefunden worden. Bei der Verwesung dieser Kleintiere können unter Umständen spezifische Mikroorganismen in die Anlage eingebracht werden. Zwar verhindern die Filter grossteils das Eindringen der Keime in die Anlage, jedoch die Ausscheidungs- und Zerfallsprodukte (Endotoxine) der Mikroorganismen können ungehindert bis in die Innenräume vordringen. Aussenluftkanäle sind daher möglichst kurz und für eine Reinigung gut zugänglich zu gestalten.

Ein weiterer entscheidender Punkt bei der Aussenluftzufuhr ist der Abstand zum Fortluftauslass. Der vorgeschriebene Abstand zur Fortluftseite der Anlage ist unbedingt einzuhalten. Des Weiteren ist die ausgehende Gefahr von Kühlwerken zu berücksichtigen. Ist das Kühlwerk mit Legionellen verseucht, und befindet sich die Aussenluftansaugung in der Nähe des Kühlwerkes, so dringen die Aerosole und damit die Keime in die RLT-Anlage ein. Von dort verbreiten sie sich entweder direkt oder vermehren sich in Wäschern und Kondensatwannen. Die Folge kann eine epidemisch auftretende Legionärskrankheit, wie zuletzt in Spanien, sein.

Filter

Filter sind hinsichtlich der Hygiene das wichtigste Element einer RLT-Anlage, denn sie sorgen – wenn sie in einwandfreiem Zustand sind – für eine deutliche Verringerung der Keim-, Staub- und Schmutzbelastung der Luft. Durch die Tiefenwirkung der Taschenfilter, die heute am häufigsten zum Einsatz kommen, werden Staub, Pollen, Schimmelpilzsporen und ein Grossteil der Mikroorganismen zurückgehalten. Untenstehende Grafik zeigt das Abscheidungsvermögen von Filtern in Abhängigkeit von der Partikelgrösse.



Abscheidungsvermögen verschiedener Filterklassen und Grössenordnung unterschiedlicher Partikel.

Wichtig für einen hygienischen Filter ist dabei, dass er nicht durchschlägt. Denn ein Filter funktioniert nicht wie ein Sieb mit definierter Porengrösse, sondern durch Tiefenwirkung. Das heisst, ein Partikel haftet mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit an einer der Fasern des Filters an, wenn er den Filter passieren soll. Dichte der Faser, Oberflächenbeschaffenheit und Länge des Weges durch den Filter sind dabei entscheidend für die Filterwirkung. Die heute verwendeten Filtermaterialien (Polymere und Glasfaser) bilden für Keime keinen Nährboden. Haben sich aber genügend organische Materialien auf der Schmutzseite des Filters gesammelt und ist ausreichend Feuchtigkeit vorhanden, so können Keime wachsen. Insbesondere Schimmelpilze dringen dann bis auf die Reinseite des Filters durch und geben dort Sporen in die Luft ab. Diese können sich dann ungehindert in der weiteren RLT-Anlage ausbreiten und sind auch in der Innenraumluft feststellbar. Eine regelmässige Kontrolle sowie die Einhaltung der vorgegebenen Wechselzeiten ist daher unerlässlich für einen hygienisch einwandfreien Betrieb der RLT-Anlage.

Wäscher und Befeuchter

Durch Wäscher bzw. Befeuchter wird Feuchtigkeit in die RLT-Anlage eingebracht, die Keimwachstum begünstigt. Häufig sind in den nachfolgenden Elementen der Anlage vermehrt Kalk und Korrosion feststellbar. Im Wasser des Wäschers, aber auch im stehenden Kondensat in Kondensatwannen von Dampfbefeuchtern finden Keime gute Lebensbedingungen. Man kann das Problem durch den Einsatz von Bioziden, UV-Licht-Desinfektionsanlagen oder Ozon umgehen. Allerdings werden Desinfektionsmittel mit dem Aerosol des Wäschers in die Innenraumluft eingebracht. Durch regelmässige Reinigung der Wannen und einem vollständigen Entleeren des Wäschers, wenn er länger als 48 Stunden nicht in Betrieb ist, kann erfahrungsgemäss ein zu starkes Keimwachstum vermieden werden.

Das Wasser, das in den Wäscher eingebracht wird, sollte enthärtet sein und hinsichtlich der Keimzahl Trinkwasserqualität aufweisen (< 100 KBE/ml).

Häufig wird im Wäscherwasser auch Algen- und Amöbenwachstum festgestellt. Diese Einzeller sind Wirbeltiere für Legionellen. Ein Wachstum kann teilweise vermieden werden,

wenn eine Verdunklung an dem häufig vorhandenen Sichtfenster des Wäschers vorgesehen wird. Besonders zu erwähnen sind an dieser Stelle Probleme, die durch Dichtungsmittel auftreten können, die im Wäscher, aber auch in der übrigen Anlage verwendet werden. Teilweise werden Fugendichtungsmittel verwendet, die einen Nährboden für Keime bilden. Dies hat zum einen den Effekt, dass Keime in der Anlage wachsen, zum anderen wird aber durch diesen Keimwachstum die Dichtmasse «aufgebraucht», so dass die Dichtwirkung verloren geht.

Kühlregister und Tropfenabscheider
An Kühlregistern kondensiert gesättigte Luft. Das Kondensat läuft am Register in eine Kondensatrinne ab und kann teilweise vom Luftstrom mitgerissen werden. Ein nachfolgender Tropfenabscheider verhindert das Vordringen der Tröpfchen in den Zuluftkanal. Häufig sind die Kondensatrinnen stark korrodiert. Mit der Zeit werden die Abläufe durch Kalk und Korrosion zugesetzt und das Kondensat sammelt sich in der Rinne. Das am Register ablaufende Kondensat hinterlässt Kalkrückstände, so dass im Laufe der Zeit der Luftdurchsatz des Kühlregisters eingeschränkt wird. Damit sinkt die Leistungsfähigkeit der gesamten RLT-Anlage. Auch am Tropfenabscheider ist dies feststellbar. Hier kommt häufig auch ein starkes Schimmelpilzwachstum hinzu. Eine regelmässige Untersuchung und gegebenenfalls Reinigung des Kühlregisters, der Ablaufrinne und des Tropfenabscheiders vermeidet die aufgeführten Probleme.

Zuluftkanäle

Zuluftkanäle stellen häufig die «grosse Unbekannte» in einer RLT-Anlage dar. Kaum ein Betreiber weiss, in welchem Zustand die Zuluftkanäle sind. Im Normalfall, d. h. wenn die Anlage ordnungsgemäss betrieben wurde, bleiben die Zuluftkanäle sauber. Häufig sind jedoch noch aus der Bauphase der Anlage Verschmutzungen in den Kanälen vorhanden. Auch defekte oder falsch eingebaute Filter können zu Verschmutzungen führen. Verlaufen nicht isolierte Zuluftkanäle in Aussenbereichen, kondensiert die Luft an den kalten Kanalwänden und der Kanal beginnt zu korrodieren. Um dies zu vermeiden werden die Kanäle isoliert. Idealerweise von der Aussen- seite, häufig aber auch von Innen. In vielen Anlagen reissen diese Innen-

kaschierungen mit der Zeit auf und Partikel der Mineral- oder Glasfasern werden ungehindert in den Zuluftstrom eingebracht.

An Zuluftkanälen sollten daher genügend Revisionsöffnungen für eine regelmässige Inspektion und gegebenenfalls Reinigung vorhanden sein. An schwer zugänglichen Stellen ist es ratsam eine Videoinspektion durchzuführen.

(Fortsetzung folgt)

Bezugsquellen / Literaturhinweise

- *Lehrbuch der Hygiene von Grundmann, Rüden, Sonntag, G. Fischer Verlag Stuttgart und New York, Ausgabe 1991*
- *Taschenbuch Heizung und Klimatechnik von Recknagel, Sprenger, Schramek, Oldenburg Verlag München und Wien*
- *Hygiene, Präventivmedizin, Umweltmedizin systematisch von K. Fiedler, UNI-MED Verlag Lorch/Württemberg, Ausgabe 1995*
- *Raumlufttechnik, Zwischenbericht zum ProKlima Projekt von W. Schmid, Heizung Klima, 5/99 und Spektrum^{GT} 11/2000*
- *Hygieneverbesserung in Lüftungsanlagen von H. P. Läng, Heizung Klima, 7/96*
- *Hygienische Anforderungen an die RLT-Anlagen von H. P. Läng, Heizung Klima, 11/2000*
- *Zielwerte für Lüftungsanlagen von B. Wahlen, Spektrum^{GT}, 3/98*
- *Gebäudemonitoring, ein Qualitätssicherungsinstrument von P. E. Häfliger, Novartis Services AG, Publikation Robe Verlag AG, 1998*
- *Betreuung von Reinräumen durch eine virtuelle Gebäudeorganisation, von P. E. Häfliger, Novartis Services AG, Publikation Robe Verlag AG, 1998, www.gbt.ch/knowhow/Doc500029/virtuell.htm*
- *Airless, Wartung von RLT Anlagen von B. Müller und K. Fitzer, Heizung Klima, 4/2000*
- *Luftkanalreinigung, Stiefkind der Gebäudetechnik von U. Sterkle, Robe Verlag AG, Spektrum^{GT}, 3/2001*
- *Reinigung und Desinfektion von Klimaanlagen von Hr. Thibaut, Klima Becker, www.klima-becker.de/thibaut.html, letzte Aktualisierung 6/2001*
- *[SMA] – Sylvia Mackensen von Astfeld «Das Sick-Building-Syndrom unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Mobbing, Hamburg, 2000*
- *[Mche-99] – Dipl.-Chem. Reinhard Oppl: «Flüchtige organische Stoffe (VOC) in der Raumluft von Bürogebäuden, Studie Nr. 90829 der Miljö-Chemie, Hamburg, 1999*
- *[TRGS-907] – «Verzeichnis sensibilisierender Stoffe - Technische Regeln für Gefahrstoffe Nr. 907:», 1997*
- *[OFa-70] – O. Fanger, «Thermal Comfort», DTH, Denmark, 1970*
- *[OFa-88] – O. Fanger, «Introduction to the olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors» in Energy and Buildings, Vol. 12, No. 1, pp. 1–6, 1988*

Autoren

- P. E. Häfliger ASHRAE, haefliger@balcab.ch
- Dr. U. Thies, thies@atw-ivensys.de